

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

**Tese de Doutorado**

**CARACTERIZAÇÃO E ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE  
CANGUÇU/RS**

**Danilo da Silva Dutra**

**Orientador: Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina**

**Porto Alegre, junho de 2021.**

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

**CARACTERIZAÇÃO E ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE  
CANGUÇU/RS**

**Danilo da Silva Dutra**

**Orientador: Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina**

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Kátia Kellem da Rosa – (UFRGS)

Prof. Dr. Sidnei Luís Bohn Gass – (UFRGS)

Prof. Dr. Anderson Augusto Volpato Scoti – (UFSM)

Prof. Dr. Moisés Ortemar Rehbein – (UFPEL)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia. Linha de Pesquisa: Análise Ambiental.

**Porto Alegre, junho de 2021.**

## CIP - Catalogação na Publicação

Dutra, Danilo da Silva  
CARACTERIZAÇÃO E ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO  
MUNICÍPIO DE CÂNGUÇU/RS / Danilo da Silva Dutra. --  
2021.  
278 f.  
Orientador: Luís Eduardo de Souza Robaina.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Geoambiental. I. Robaina, Luís Eduardo de Souza,  
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## AGRADECIMENTOS

Uma etapa como esta se cumpre com a participação de pessoas e instituições. Por isso devo agradecer.

A minha família, mãe, pai (em memória).

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino de qualidade, público e gratuito.

Ao laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, onde foram realizados muitos procedimentos de SIG, com a contribuição dos colegas discentes e do professor Romário Trentin.

Ao professor orientador Luís Eduardo de Souza Robaina por me aceitar como seu orientando e pelas excelentes contribuições.

Por fim, a todos que de uma forma ou de outra prestaram suas contribuições na realização dessa tese.

## RESUMO

O ordenamento territorial para interação do homem com o ambiente é importante, destacando-se a caracterização e o Zoneamento Geoambiental como instrumentos técnicos para a realização desse planejamento. A caracterização trata da indicação dos condicionantes do ambiente, enquanto o zoneamento é uma divisão de unidades de acordo com os atributos do ambiente com heterogeneidade mínima. A área de estudo, município de Canguçu/RS, caracteriza-se pela relação intensa entre sociedade e ambiente protagonizada, principalmente, pelas práticas agrícolas familiares, fatores que, de longa data, têm ocasionado perdas ambientais importantes, como o desmatamento e o empobrecimento dos solos por causa da erosão. O objetivo desta pesquisa é realizar a caracterização e o Zoneamento Geoambiental do município de Canguçu, diante da hipótese do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o cruzamento automatizado entre unidades geomorfológicas e usos e coberturas da terra. Para tanto, realiza-se uma revisão de literatura sobre a temática geoambiental na busca por metodologias de cruzamento multicritério, considerando-se a importância da abordagem sistêmica, do SIG, do geoprocessamento e da análise automatizada nos estudos geoambientais. Enquanto resultados, obtém-se uma caracterização importante da área de estudo, com a análise de clima, solos, geologia, hidrografia, litopedologia, relevo, geomorfologia e usos, coberturas e ocupação da terra. O município de Canguçu é caracterizado por importante densidade de drenagem, predominantemente por canais fluviais de primeira ordem e padrão retangular. Os mais importantes cursos fluviais são: o Pantanoso, o Saraiva, o das Pedras, o Sapato e o Santo Antônio. Ocorrem cinco bacias hidrográficas no município: Camaquã, Piratini, Sapato, Pelotas e Turuçu; e trinta e uma sub-bacias. O substrato é formado predominantemente por rochas graníticas que formam um relevo de morros e morrotes com solos do tipo Neossolos Litólicos e Argissolos. Na porção Nordeste do município, sob planícies, ocorrem depósitos recentes, formando solos com hidromorfismo e, nas porções Norte e Oeste, de relevo em colinas, ocorrem rochas sedimentares formando solos bem desenvolvidos do tipo Luvisolos e Argissolos. Foram identificadas sete unidades litopedológicas e treze unidades geomorfológicas. Na análise dos usos e coberturas da terra, por sua vez, foi observado o predomínio das coberturas nativas, destacando-se os campos nativos e o arbóreo, importantes potencialidades socioeconômicas e ambientais. Do cruzamento automatizado das unidades geomorfológicas e dos usos e coberturas da terra, foram definidas doze unidades geoambientais: Urbano, Silvícola, Santo Antônio, Várzeas, Fazendas, Produção, Tradição, Cerros Florestados, Favila, Campos, Pomerano e Reserva. As mais significativas em termos de potencialidades ambientais (coberturas arbóreas nativas) são as unidades Cerros Florestados e Reserva, respectivamente com áreas de 304,86 km<sup>2</sup> ou 8,66% e 262,06 km<sup>2</sup> ou 7,43% da área de estudo. Em termos de suscetibilidades ambientais (processos erosivos), as unidades Favila e Pomerano, respectivamente com áreas de 163,60 km<sup>2</sup> ou 4,64% e 286,86 km<sup>2</sup> ou 8,13% da área municipal, representam importantes potencialidades econômicas ao município. Considera-se o cruzamento automatizado uma importante técnica no Zoneamento Geoambiental, dada a atenuação da visão analógica nesse tipo de pesquisa. Também se considera esta tese importante contribuição para as discussões teórico-metodológicas na temática geoambiental, para o conhecimento dos aspectos do

ambiente do município de Canguçu e para uma gestão adequada do ordenamento territorial do município.

**Palavras-chave:** Abordagem sistêmica. Cruzamentos automatizados. Caracterização e Zoneamento Geoambiental. Município de Canguçu/RS.

## ABSTRACT

Spatial planning for the interaction between men and environment is important, especially in terms of using characterization and geoenvironmental zoning as technical tools in this planning. Characterization regards the indication of the environmental requirements, while zoning is a division of units according to the environment's features with minimal heterogeneity. The studied area, the city of Canguçu/RS, is characterized by an intense relation between society and environment, especially when it comes to family agricultural practices, factors that, for a long time, have led to important environmental losses, such as deforestation and soil impoverishment due to erosion. This study aims to carry out the characterization and spatial planning in the city of Canguçu, according to the Geographic Information Systems (GIS) and the automated cross-matching between geomorphological units and land uses and covers. Thus, we do a literature review on the geoenvironmental field in search of multi-criteria cross-matching methodologies, taking into consideration the importance of the systemic approach, GIS, geoprocessing and automated analysis in geoenvironmental studies. Regarding the results, we acquired an important characterization of the studied area via climate, soil, geology, hydrography, lithopedology, terrain, geomorphology and land uses, covers and occupation analyses. The city of Canguçu is characterized by important drainage density, mostly by rectangular-shaped and first-order water channels. The most important water courses are: Pantanoso, Saraiva, das Pedras, Sapato and Santo Antônio. There are five drainage basins in the city: Camaquã, Piratini, Sapato, Pelotas and Turuçu; and 31 sub-drainage basins. The substrate comprises mostly granitic rocks that form a terrain with hills and two different types of soil: acrisols and litholic neosols. In the northeastern part of the city, under plains, there are recent deposits, which form soils with hydromorphism and, in the northern and western parts, where the terrain forms hills, there are sedimentary rocks that form well developed acrisols and luvisols. Seven lithopedological units and 13 geomorphological units were identified. By analyzing the land covers and uses, the predominance of native covers was observed, especially the arboreal and native fields, which are important socioeconomic and environmental potentialities. Based on the automated cross-matching of geomorphological units and land covers and uses, we were able to define 12 geoenvironmental units: Urban, Forestry, Santo Antônio, Floodplains, Farms, Production, Tradition, Forested Hill, Favila, Fields, Pomeranian and Reservoir. The most significant ones in terms of environmental potentialities (native arboreal covers) are the Forested Hill and Reservoir units, the former with an area of 304.86 km<sup>2</sup> or 8.66% of the studied area and the latter with an area of 262.06 km<sup>2</sup> or 7.43% of the studied area. In terms of environmental susceptibility (erosive processes), the Favila and Pomeranian units have, respectively, areas of 163.60 km<sup>2</sup> or 4.64% and 286.86 km<sup>2</sup> or 8.13% of city area, and they represent important economic potentialities for the city. The automated cross-matching is considered an important technique in geoenvironmental zoning, given the attenuation of the analogical perspective in this type of research. Also, this doctor's dissertation is an important contribution for theoretical-methodological discussions in the geoenvironmental area, for a better understanding of the city of Canguçu's environmental aspects and for an adequate management of the city's spatial planning.

**Keywords:** Systemic approach. Automated cross-matching. Characterization and Geoenvironmental zoning. City of Canguçu/RS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	31
Figura 2 – Trabalhos científicos referentes à temática geoambiental.....	34-35
Figura 3 – Trabalhos científicos referentes à temática de Zoneamento Geoambiental.....	40-42
Figura 4: Informações utilizadas na operacionalização da pesquisa.....	67
Figura 5 – Fluxograma com as etapas para a cartografia das unidades litopedológicas.....	70
Figura 6 – <i>Focal Statistics</i> em formato circular.....	73
Figura 7 – Principais tipos de <i>geomorphons</i> .....	75
Figura 8 – Árvore de decisão utilizada para definição das unidades geomorfométricas das vertentes do relevo.....	76
Figura 9 – Fluxograma com as etapas para a cartografia das unidades geomorfológicas.....	77
Figura 10 – Fluxograma com as etapas para a caracterização e o Zoneamento Geoambiental.....	83
Figura 11 – Normal climatológica, precipitação (mm) anual.....	85
Figura 12 – Normal climatológica, precipitação máxima (mm) em 24h.....	86
Figura 13 – Bacias hidrográficas.....	88
Figura 14 – Rede hidrográfica.....	90
Figura 15 – Unidades litológicas.....	93
Figura 16 – Área dos depósitos elúvio-coluvionares.....	94
Figura 17 – Depósitos Aluvionares de canal, margem direita do Rio Camaquã.....	95
Figura 18 – Depósitos de Planície Aluvial, margem direita do Rio Camaquã.....	95
Figura 19 – Amostras da formação Sanga do Cabral (Coordenadas: 31°06'32" e 52°56'25").....	96
Figura 20 – Corpo granítico pertencente à unidade litológica Cerro Grande (Coordenadas: 30°57'08" e 52°49'44").....	98
Figura 21 – Corpo granítico cinza escuro pertencente à unidade litológica Cerro Grande (Coordenadas: 30°58'43" e 52°49'40").....	98
Figura 22 – Granito rosado e amarelado pertencente à unidade litológica Serra do Herval (Coordenadas: 52°41'23" e 31°23'47").....	99

Figura 23 – Morros com afloramentos rochosos e campo de matacões pertencentes à unidade litológica Serra do Herval.....	99
Figura 24 – Área de acamamento rochoso pertencente à Suíte Granítica Cordilheira (Coordenadas: 30°57'33" e 52°49'43").....	101
Figura 25 – Detalhamento dos segmentos do corpo rochoso pertencente à Suíte Granítica Cordilheira (Coordenadas: 30°57'33" e 52°49'43").....	101
Figura 26 – Rocha bastante alterada do Granito Arroio Moinho (Coordenadas: 31°24'19" e 52°35'19").....	102
Figura 27 – Rocha relativamente alterada do Granito Arroio Moinho (Coordenadas: 31°24'03" e 52°36'50").....	103
Figura 28 – Rochas da unidade Granitoides migmatizados (Coordenadas: 31°10'16" e 52°51'06").....	104
Figura 29 – Rocha granítica com enclaves pertencente aos Metagranitoides foliados (Coordenadas: 31°03'35" e 52°28'51").....	105
Figura 30 – Rocha granítica com enclave e uma relativa esfoliação pertencente aos Metagranitoides foliados (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21").....	105
Figura 31 – Mapa pedológico.....	107
Figura 32 – Relevo característico em áreas com Argissolo vermelho-amarelo.....	108
Figura 33 – Perfis de Argissolo vermelho-amarelo.....	109
Figura 34 – Relevo e perfis em áreas com Argissolo amarelo.....	110
Figura 35 – Relevo e perfis de Luvisolo crômico (Coordenadas: 31°00'34" e 52°48'10").....	111
Figura 36 – Processos erosivos lineares sobre Luvisolo crômico (Coordenadas: 31°06'32" e 52°56'25").....	112
Figura 37 – Relevo característico em área de Neossolo litólico.....	113
Figura 38 – Perfis de Neossolo litólico.....	113
Figura 39 – Relevo típico em área de Planossolo.....	114
Figura 40 – Planossolo associado à planície do Arroio Sapato.....	114
Figura 41 – Relevo e perfil típicos de um Gleissolo.....	115
Figura 42 – Mapa hipsométrico.....	117
Figura 43 – Declividade.....	119
Figura 44 – Plano de curvatura das vertentes do relevo.....	121
Figura 45 – Perfil de curvatura das vertentes do relevo.....	123
Figura 46 – Orientação das vertentes do relevo.....	125

Figura 47 – Distribuição em área dos padrões de rugosidade do relevo.....	126
Figura 48 – Padrões homogêneos da rugosidade do relevo.....	127
Figura 49 – Perfil topográfico sobre áreas onduladas.....	128
Figura 50 – Relevo ondulado na localidade do Passo da Maria Antônia (Coordenadas Geográficas: 31°30'48"S e 52°56'4"W; Orientação: NW).....	128
Figura 51 – Perfil topográfico sobre áreas levemente onduladas.....	129
Figura 52 – Relevo levemente ondulado no divisor das Bacias Hidrográficas dos Rios Piratini e Camaquã (Coordenadas Geográficas: 31°20'28"S e 52°43'40"W; Orientação: SE).....	129
Figura 53 – Perfil topográfico sobre áreas fortemente onduladas.....	130
Figura 54 – Relevo fortemente ondulado com afloramentos rochosos na localidade do Cerro da Boneca (Coordenadas Geográficas: 31°26'04.82"S e 52°44'48.84"W; Ponto de visada: Oeste).....	130
Figura 55 – Perfil topográfico sobre áreas planas.....	131
Figura 56 – Área plana próxima ao Rio Camaquã (Coordenadas geográficas: 30°59'34" S e 52°39'00" W; Orientação: Norte).....	131
Figura 57 – Distribuição em área dos geomorphons.....	132
Figura 58: Geomorphons.....	133
Figura 59 – Unidades morfométricas das vertentes I a VI.....	138
Figura 60 – Unidades morfométricas das vertentes VII a XII.....	140
Figura 61 – Intemperismo biológico (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21").....	142
Figura 62 – Perfil litopedológico com <i>stone line</i> (Coordenadas: 31°26'27" e 52°45'23").....	145
Figura 63 – Descontinuidades litológicas (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21").....	146
Figura 64 – Unidades litopedológicas.....	149
Figura 65 – Características das litologias de depósitos.....	150
Figura 66 – Relevo típico (a, c) e Gleissolos (b, d) da unidade litopedológica Várzeas.....	151
Figura 67 – Características da litologia Sanga do Cabral.....	152
Figura 68 – Relevo (a) e horizonte de solo (b) da unidade litopedológica Camaquã (Coordenadas: 30°58'42" e 52°40'11"; Orientação: O).....	152

Figura 69 – Argissolos (a, b) bloco da litologia (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Sanga do Cabral (Coordenadas: 31°02'57" e 52°43'34"; Orientação: NE).....	154
Figura 70 – Características das litologias graníticas.....	155
Figura 71 – Afloramento do granito Serra do Herval (a, b) perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Canguçu (Coordenadas: 31°23'22" e 52°41'36").....	156
Figura 72 – Blocos rochosos (a, b), perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Arroio Moinho (Coordenadas: 31°25'59"S e 52°37'42").....	157
Figura 73 – Características das litologias Metagraníticas.....	158
Figura 74 – Perfil de solo (a, c), litologia (b) e relevo (d) da unidade litopedológica Saraiva (Coordenadas: 31°18'31"S e 52°29'58").....	159
Figura 75 – Perfil de Argissolo típico na unidade litopedológica Central (Coordenadas: 31°20'07" e 52°44'36").....	160
Figura 76 – Blocos rochosos (a, b), perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Central.....	161
Figura 77 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de acumulação.....	163
Figura 78 – Características da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Sapato-Camaquã (Coordenadas: 30°58'02" e 52°39'32"; Orientação: Leste).....	165
Figura 79 – Características da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Camaquã (Coordenadas: 30°59'02" e 52°40'03"; Orientação: Leste).....	166
Figura 80 – Unidades geomorfológicas Planícies do Sistema Sapato-Camaquã e Planícies do Sistema Camaquã.....	167
Figura 81 – Características físicas das unidades geomorfológicas de aplainamento.....	168
Figura 82 – Características da unidade geomorfológica Colinas Graníticas Pantanoso (Coordenadas: 31°27'11" e 52°52'37"; Orientação: Norte).....	170
Figura 83 – Características da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas Lacerda (Coordenadas: 31°22'37" e 52°42'52"; Orientação: Nordeste).....	172
Figura 84 – Características da unidade geomorfológica Colinas Sedimentares (Coordenadas: 31°03'16" e 52°43'48"; Orientação: Leste).....	174
Figura 85 – Características da unidade geomorfológica Colinas de Depósitos Recentes (Coordenadas: 31°03'34" e 52°20'08"; Orientação: Leste).....	176

Figura 86 – Características da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes (Coordenadas: 31°01'58" e 52°35'44"; Orientação: Norte).....	178
Figura 87 – Unidades geomorfológicas de aplainamento.....	179
Figura 88 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de dissecação em morrotes.....	180
Figura 89 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pelotas (Coordenadas: 31°27'32" e 52°54'30"; Orientação: Oeste).....	182
Figura 90 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Ibra (Coordenadas: 31°23'51" e 52°48'20"; Orientação: Norte).....	184
Figura 91 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pedras (Coordenadas: 31°06'26" e 52°48'32"; Orientação: Oeste).....	186
Figura 92 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Piratini (Coordenadas: 31°22'42" e 52°50'00"; Orientação: Sudeste).....	188
Figura 93 – Unidades geomorfológicas Morrotes Graníticos Pelotas, Morrotes Metagraníticos Ibra, Morrotes Graníticos Pedras e Morrotes Metagraníticos Piratini.....	189
Figura 94 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de dissecação em morros.....	190
Figura 95 – Características da unidade geomorfológica Morros Graníticos Marinheiro.....	192
Figura 96 – Características da unidade geomorfológica Morros Metagraníticos Santa Bárbara (Coordenadas: 31°28'13" e 52°49'28"; Orientação: Sudeste).....	194
Figura 97 – Unidades geomorfológicas Morros Graníticos Marinheiro e Morros Metagraníticos Santa Bárbara.....	195
Figura 98 – Distribuição (%) das unidades geomorfológicas.....	197
Figura 99 – Unidades geomorfológicas.....	198
Figura 100 – Zonas Agroecológicas.....	201
Figura 101 – Mapa distrital.....	202
Figura 102 – Características gerais dos distritos.....	205
Figura 103 – Macrozonas rurais.....	206
Figura 104 – Representação dos setores econômicos.....	208
Figura 105 – Mapa demográfico.....	215
Figura 106 – Densidade ocupacional.....	216
Figura 107 – Assentamentos rurais.....	219

Figura 108 – Distribuição (%) dos usos e coberturas da terra.....	220
Figura 109 – Usos e coberturas da terra.....	221
Figura 110 – Área de campo nativo composta por gramíneas (Coordenadas: 31°01'54" e 52°19'04" Visão: NE).....	222
Figura 111 – Área de cobertura arbórea nativa (Coordenadas: 31°27'52" e 52°48'13" Visão: W).....	224
Figura 112 – Área com lavoura de soja (Coordenadas: 30°59'46" e 52°33'54" Visão: W).....	225
Figura 113 – Área de solo revolvido preparado para cultivo (Coordenadas: 31°03'33"S e 52°40'39" Visão: NO).....	226
Figura 114 – Área com silvicultura (Coordenadas: 31°02'01" e 52°36'06" Visão: W).....	227
Figura 115 – Área úmida próxima ao rio Camaquã (Coordenadas: 30°59'34" e 52°39'00" Visão: L).....	229
Figura 116 – Área urbana (Coordenadas: 31°23'50" e 52°41'19" Visão: SE).....	230
Figura 117 – Corpo d'água em um parque aquático (Coordenadas: 31°15'57" e 52°35'41" Visão: W).....	231
Figura 118 – Relação dos usos e coberturas da terra com os distritos.....	234
Figura 119 – Relação dos usos e coberturas da terra com as bacias hidrográficas.....	238
Figura 120 – Mapa geoambiental.....	243
Figura 121 – Área urbana (Coordenadas: 31°23'50" e 52°41'19" Visão: SE).....	245
Figura 122 – Cobertura arbórea em morro granítico na unidade Cerro Florestados (Coordenadas: 31°25'06" e 52°46'48"; ponto de visada: NE).....	246
Figura 123 – Cobertura arbórea nativa na unidade Reserva (Coordenadas: 31°27'45" e 52°48'16"; Foto: 329. Visão: W).....	247
Figura 124 – Campo com criação bovina e ovina na unidade Tradição.....	248
Figura 125 – Campos nativos na unidade Campos.....	249
Figura 126 – Campo nativo com criação bovina na unidade Fazendas (Coordenadas: 31°22'56" e 52°41'35"; Visão: Norte).....	250
Figura 127 – Pinus e eucalipto sobre a unidade Silvícola.....	251
Figura 128 – Lavoura e campo nativo sobre a unidade Várzeas.....	252
Figura 129 – Campos e lavouras na unidade Santo Antônio.....	253
Figura 130 – Lavouras de soja sobre a unidade Produção.....	254

Figura 131 – Lavouras de milho, soja e fumo na unidade Favila.....	255
Figura 132 – Lavoura de fumo na unidade Pomerano (Coordenadas: 31°17'36" e 52°30'20"; Visão: Leste).....	256
Figura 133 – Aspectos predominantes nas unidades geoambientais.....	257-258

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de pontos classificados em campo <i>versus</i> realidade produzida em gabinete.....	80-82
Tabela 2 – Normal climatológica, temperatura média mensal/anual.....	87
Tabela 3 – Informações quantitativas das classes hipsométricas do relevo de Canguçu.....	116
Tabela 4 – Informações quantitativas das classes de declividade.....	118
Tabela 5 – Informações quantitativas das unidades morfométricas das vertentes do relevo.....	136
Tabela 6 – Distribuição quantitativa das unidades litopedológicas.....	148
Tabela 7 – Relação da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Sapato-Camaquã com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	164
Tabela 8 – Relação da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Camaquã com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	166
Tabela 9 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Graníticas Pantanoso com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	169
Tabela 10 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas Lacerda com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	171
Tabela 11 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Sedimentares com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	173
Tabela 12 – Relação da unidade geomorfológica Colinas de Depósitos Recentes com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	175
Tabela 13 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	177
Tabela 14 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pelotas com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	181
Tabela 15 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Ibra com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	183
Tabela 16 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pedras com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	185
Tabela 17 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Piratini com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	187

Tabela 18 – Relação da unidade geomorfológica Morros Graníticos Marinheiro com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	191
Tabela 19 – Relação da unidade geomorfológica Morros Metagraníticos Santa Bárbara com elementos de relevo e unidades geomorfométricas.....	193
Tabela 20 – Realidade da estrutura fundiária.....	203
Tabela 21 – Relação dos usos e coberturas com respectivas áreas (ha).....	209
Tabela 22 – Dados sobre lavouras temporárias.....	209-210
Tabela 23 – Dados sobre lavouras permanentes.....	210
Tabela 24 – Dados sobre a pecuária.....	211
Tabela 25 – Relação entre distritos e densidades ocupacionais por MNH.....	213
Tabela 26 – Densidade demográfica distrital.....	214
Tabela 27 – Características dos assentamentos rurais.....	217

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>24</b>
1.1 ESTRUTURA DA TESE.....	24
1.2 DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA.....	25
1.3 OBJETIVOS.....	28
1.3.1 Objetivo geral.....	28
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
1.4 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE .....	28
1.5 APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>32</b>
2.1 ESTUDOS GEOAMBIENTAIS .....	32
2.2 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL .....	35
2.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS NOS TRABALHOS GEOAMBIENTAIS: PRINCIPAIS ATRIBUTOS E CRUZAMENTOS MULTICRITÉRIOS .....	42
2.4 A ABORDAGEM SISTÊMICA NOS ESTUDOS GEOAMBIENTAIS .....	54
2.5 USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG), SENSORIAMENTO REMOTO E DE GEOPROCESSAMENTO NO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....	56
2.6 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA.....	60
<b>CAPÍTULO 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>66</b>
3.1 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS E LEVANTAMENTO DE DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	66
3.2 DADOS DO CLIMA.....	67
3.3 HIDROGRAFIA.....	68
3.4 PEDOLOGIA E LITOLOGIAS.....	68
3.5 LITOPEDOLOGIA.....	69
3.6 GERAÇÃO DE SUBPRODUTOS PARA O ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL .....	71
3.6.1 Mapas hipsométrico e de declividade .....	71
3.6.2 Mapas de orientação e curvatura do relevo em plano e perfil .....	71

<b>3.7 ANÁLISE E COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA .....</b>	<b>72</b>
<b>3.7.1 Padrões homogêneos da rugosidade do relevo .....</b>	<b>73</b>
<b>3.7.2 Elementos do relevo (<i>Geomorphons</i>).....</b>	<b>74</b>
<b>3.7.3 Unidades geomorfométricas do relevo .....</b>	<b>75</b>
<b>3.7.4 Unidades geomorfológicas.....</b>	<b>76</b>
<b>3.8 TRABALHOS DE CAMPO.....</b>	<b>77</b>
<b>3.9 ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA .....</b>	<b>78</b>
<b>3.9.1 Usos e coberturas da terra .....</b>	<b>78</b>
3.9.1.1 Verificação da acurácia cartográfica do mapeamento dos usos e coberturas da terra .....	79
<b>3.9.2 Ocupação da terra.....</b>	<b>82</b>
<b>3.10 O ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL .....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 4 – ELEMENTOS FÍSICOS .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....</b>	<b>85</b>
<b>4.2 ANÁLISE DA HIDROGRAFIA .....</b>	<b>87</b>
<b>4.3 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS LITOLOGIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>4.3.1 Depósitos Recentes de Planície de Inundação e Depósitos Elúvio-Coluvionares.....</b>	<b>94</b>
<b>4.3.2 Rochas Sedimentares da formação Sanga do Cabral.....</b>	<b>96</b>
<b>4.3.3 Complexo alcalino Poços de Caldas .....</b>	<b>97</b>
<b>4.3.4 Suíte Granítica Dom Feliciano (Fácies Cerro Grande e Serra do Herval) .....</b>	<b>97</b>
<b>4.3.5 Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (SIES) e Suíte Granítica Cordilheira (SGC) .....</b>	<b>100</b>
<b>4.3.6 Suíte Intrusiva Viamão – Granito Arroio Moinho .....</b>	<b>102</b>
<b>4.3.7 Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM) – Granitoides migmatizados .....</b>	<b>103</b>
<b>4.3.8 Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM) – Metagranitoides foliados .....</b>	<b>104</b>
<b>4.4 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS .....</b>	<b>105</b>

<b>4.4.1 Solos bem desenvolvidos .....</b>	<b>108</b>
4.1.1.1 Argissolos vermelho-amarelos .....	108
4.1.1.2 Argissolos amarelos .....	109
4.1.1.3 Luvisolos crômicos.....	110
<b>4.4.2 Solos mal desenvolvidos.....</b>	<b>112</b>
4.4.2.1 Neossolos litólicos .....	112
<b>4.4.3 Solos com hidromorfismo .....</b>	<b>113</b>
4.4.3.1 Planossolos .....	113
4.4.3.2 Gleissolos háplicos.....	115
<b>4.5 ESTUDO DO RELEVO .....</b>	<b>115</b>
<b>4.5.1 Hipsometria e declividade .....</b>	<b>115</b>
<b>4.5.2 Curvatura das vertentes do relevo.....</b>	<b>120</b>
4.5.2.1 Plano de curvatura das vertentes do relevo .....	120
4.5.2.2 Perfil de curvatura do relevo.....	122
<b>4.5.3 Orientação das vertentes do relevo .....</b>	<b>124</b>
<b>4.6 COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO.....</b>	<b>126</b>
<b>4.6.1 Análise dos padrões homogêneos da rugosidade do relevo .....</b>	<b>126</b>
<b>4.6.2 Elementos do relevo (<i>geomorphons</i>) .....</b>	<b>132</b>
<b>4.6.3 Análise das unidades geomorfométricas das vertentes do relevo....</b>	<b>135</b>
<b>CAPÍTULO 5 – ZONEAMENTO LITOPEDOLÓGICO .....</b>	<b>141</b>
<b>5.1 INTEMPERISMO.....</b>	<b>141</b>
<b>5.2 LITOPEDOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>146</b>
<b>5.2.1 Unidade Várzeas.....</b>	<b>150</b>
<b>5.2.2 Unidade Camaquã .....</b>	<b>151</b>
<b>5.2.3 Unidade Sanga do Cabral .....</b>	<b>153</b>
<b>5.2.4 Unidade Canguçu.....</b>	<b>154</b>
<b>5.2.5 Unidade Arroio Moinho.....</b>	<b>156</b>
<b>5.2.6 Unidade Saraiva.....</b>	<b>157</b>
<b>5.2.7 Unidade Central .....</b>	<b>159</b>

<b>CAPÍTULO 6 - GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>162</b>
<b>6.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>162</b>
<b>6.2 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE ACUMULAÇÃO .....</b>	<b>163</b>
6.2.1 Unidade Planícies do Sistema Sapato-Camaquã.....	163
6.2.2 Unidade Planícies do Sistema Camaquã.....	165
<b>6.3 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE APLAINAMENTO .....</b>	<b>168</b>
6.3.1 Unidade Colinas Graníticas Pantanoso.....	168
6.3.2 Unidade Colinas Metagraníticas Lacerda.....	170
6.3.3 Unidade Colinas Sedimentares .....	172
6.3.4 Unidade Colinas de Depósitos Recentes .....	174
6.3.5 Unidade Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes .....	176
<b>6.4 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE DISSECAÇÃO .....</b>	<b>180</b>
6.4.1 Unidade Morrotes Graníticos Pelotas.....	180
6.4.2 Unidade Morrotes Metagraníticos Ibra .....	182
6.4.3 Unidade Morrotes Graníticos Pedras .....	184
6.4.4 Unidade Morrotes Metagraníticos Piratini.....	186
6.4.5 Unidade Morros Graníticos Marinheiro .....	190
6.4.6 Unidade Morros Metagraníticos Santa Bárbara.....	192
<b>CAPÍTULO 7 – USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA.....</b>	<b>199</b>
<b>7.1 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO MUNICÍPIO DE CANGUÇU .....</b>	<b>199</b>
7.1.1 Caracterização histórica do município.....	199
7.1.2 Características socioeconômicas.....	203
7.1.3 Aspectos demográficos .....	212
<b>7.2 O ESTUDO ATUAL DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>220</b>
7.2.1 Campo nativo.....	222
7.2.2 Vegetação arbórea .....	223
7.2.3 Lavouras .....	224
7.2.4 Solo exposto.....	225
7.2.5 Silvicultura .....	227
7.2.6 Áreas úmidas .....	228

7.2.7 Área urbana.....	229
7.2.8 Corpos d'água .....	230
<b>CAPÍTULO 8 – CRUZAMENTOS DE ATRIBUTOS .....</b>	<b>232</b>
8.1 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS UNIDADES LITOPEDOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS .....	232
8.2 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NOS DISTRITOS.....	233
8.2.1 Relação uso da terra/Primeiro Distrito .....	235
8.2.2 Relação uso da terra/Segundo Distrito .....	235
8.2.3 Relação uso da terra/Terceiro Distrito.....	236
8.2.4 Relação uso da terra/Quarto Distrito .....	236
8.2.5 Relação uso da terra/Quinto Distrito .....	237
8.3 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	237
8.3.1 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do rio Camaquã .....	239
8.3.2 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do rio Piratini .....	239
8.3.3 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Sapato .....	240
8.3.4 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Pelotas .....	240
8.3.5 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Turuçu.....	241
<b>CAPÍTULO 9 – CARACTERIZAÇÃO E ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....</b>	<b>242</b>
9.1 UNIDADE URBANO .....	244
9.2 UNIDADE CERROS FLORESTADOS .....	245
9.3 UNIDADE RESERVA.....	246
9.4 UNIDADE TRADIÇÃO .....	247
9.5 UNIDADE CAMPOS .....	248
9.6 UNIDADE FAZENDAS.....	249
9.7 UNIDADE SILVÍCOLA .....	250
9.8 UNIDADE VÁRZEAS .....	251
9.9 UNIDADE SANTO ANTÔNIO .....	252
9.10 UNIDADE PRODUÇÃO .....	253
9.11 UNIDADE FAVILA .....	254

<b>9.12 UNIDADE POMERANO .....</b>	<b>255</b>
<b>CAPÍTULO 10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>259</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>262</b>

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

Nesse capítulo se apresenta uma discussão sobre a problemática ambiental onde o tema está inserido, os objetivos do trabalho de pesquisa, a justificativa de escolha do tema no contexto do município de Canguçu, hipótese que baseia o estudo, além da caracterização geral e a localização da área de estudo.

### **1.1 ESTRUTURA DA TESE**

A tese está estruturada em dez capítulos, sendo o primeiro introdutório onde são apresentados a problemática da pesquisa, os objetivos, a justificativa, a hipótese, a localização e a apresentação da área de estudo.

O segundo capítulo apresenta a Fundamentação teórica, representada pela revisão de bibliografias sobre a temática geoambiental e a análise de metodologias utilizadas nessa temática, principalmente atributos e cruzamentos. Nesse capítulo, também são discutidos a abordagem sistêmica, o uso de SIGs, o geoprocessamento nos estudos geoambientais e a análise geomorfológica.

Procedimentos metodológicos estão apresentados no terceiro capítulo, onde se indicam os processos utilizados na produção de dados e na confecção dos produtos cartográficos da tese.

No capítulo quatro são apresentados e caracterizados os elementos físicos, com informações especializadas.

O capítulo cinco apresenta a integração dos dados de solos e litologias no Zoneamento litopedológico, especializando e analisando as unidades litopedológicas que caracterizam a área de estudo.

A Análise geomorfológica está apresentada no capítulo seis, com uma análise disponibilizada por uma representação cartográfica das unidades geomorfológicas do município.

No capítulo sete são discutidos os Usos, coberturas e ocupação da terra, com a apresentação dos dados socioeconômicos de Canguçu e a espacialização dos usos, coberturas e ocupação da terra.

O Cruzamentos de atributos está no capítulo oito onde são apresentados a relação entre atributos físico-políticos e os usos e coberturas da terra a fim de

observar potencialidades e suscetibilidades ambientais da área de estudo. No capítulo nove, Caracterização e Zoneamento Geoambiental, são apresentadas a compartimentação e a caracterização das unidades geoambientais da área de estudo e, por fim, no último capítulo, são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

## 1.2 DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

A ciência geográfica possibilita o estudo da relação sociedade e natureza como aspectos inseparáveis, pois todos constituem o planeta Terra. Sabe-se que, ao longo da maior parte da existência humana na Terra, estabeleceram-se relações harmônicas com o ambiente; no entanto, em uma pequena fração desse tempo até o período atual, a sociedade intensificou drasticamente sua ação sobre o ambiente. O resultado disso é uma desestabilização nessa relação ao ponto de comprometer nossa própria existência (ARENDDT, 1987).

Ao abordar essa questão da evolução humana e da degradação ambiental, Cunha e Guerra (2010, p. 339) enfatizam que “no decorrer da história, com o aparecimento do homem no pleistoceno, com a evolução das forças produtivas, a natureza vai sendo apropriada e transformada”.

Tratando dessa mesma temática, as relações sociedade e natureza, Bernardes e Ferreira (2012, p. 17) explicam que:

A compreensão tradicional das relações entre a sociedade e a natureza desenvolvidas até o século XIX, vinculadas ao processo de produção capitalista, considerava o homem e a natureza como polos excludentes, tendo subjacente a concepção de uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem.

Esse tipo de relação mencionada na citação supracitada conduziu a sociedade a uma complexidade ambiental, o que, na atualidade, nos faz refletir sobre alternativas que analisem as ações humanas sobre o ambiente. Enquanto sociedade, precisamos encontrar outras maneiras de relação com o ambiente de modo a contornar essa questão.

A problemática ambiental tem se refletido nos diferentes campos do conhecimento científico, podendo-se destacar o campo das geociências. Enquanto fatos das questões ambientais, destacam-se a perda dos horizontes dos solos e o

assoreamento dos cursos fluviais, que são resultantes de práticas inadequadas com a terra. Esses dois problemas destacados vêm ocasionando a redução da capacidade de produção da terra e o comprometimento dos recursos hídricos.

Diante desse contexto, fazem-se necessários todos os tipos de estudos referentes à temática ambiental. Nisso destacam-se a caracterização e o Zoneamento Geoambiental entendido a caracterização como a indicação dos condicionantes do ambiente enquanto o Zoneamento é uma divisão de unidades de acordo com as características de seus atributos do ambiente com heterogeneidade mínima.

Nesta tese, entendem-se os conceitos de potencialidades e suscetibilidades ambientais relacionados à caracterização do ambiente físico e social. Nesse sentido, observam-se solos bem/mal desenvolvidos e hidromórficos, relevo e litologias com maiores/menores potenciais morfodinâmicos, características das coberturas da terra (nativa/antrópica), infraestrutura, turismo, agropecuária etc.

A realização de um estudo de natureza geoambiental propicia o conhecimento detalhado de uma determinada área por meio da definição de sistemas e unidades geoambientais de acordo com Silva (2005), Maia (2005), Moraes (2007), Lisboa (2008), De Nardin (2009), Della Justina (2009), Trentin (2011), Sato (2012), Travaline (2012), Pilachevsky (2013), Amaral (2014), Cabral (2014), Schirmer (2015) e Scoti (2015).

No contexto da problemática ambiental, percebeu-se que a fragmentação do saber e atributos estudados pouco condizem com a realidade vivida. É nesse sentido que se dá a importância de compreender o ambiente como algo complexo, ou seja, entremeado por diversos aspectos do ambiente, fato que se coaduna com a visão sistêmica, largamente discutida por Chistofolletti (1979).

A caracterização geoambiental deve compreender uma variedade de atributos do meio físico, portanto é um estudo importante no diagnóstico ambiental. Ao se identificarem as potencialidades e as suscetibilidades ambientais de uma área de estudo, está-se contribuindo com o uso racional do ambiente.

Ross (2014, p. 17), quando aborda a questão de diagnósticos ambientais, destaca que:

Com a postura de que é preciso prevenir muito mais do que corrigir, torna-se imperativa a elaboração dos diagnósticos ambientais, para que se possa elaborar prognósticos, e com isso estabelecer diretrizes de uso dos recursos naturais do modo mais racional possível, minimizando a deterioração da qualidade ambiental.

No contexto geoambiental observa-se a importância do estudo do relevo e para isso pode-se utilizar as palavras de Marques (2009, p. 25), pois, de acordo com esse autor, “Os relevos constituem os pisos sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos”.

Portanto, consideram-se os compartimentos geomorfológicos como uma base importante para estabelecermos cruzamentos com outros parâmetros analisados na caracterização geoambiental, visto que esse parâmetro compreende, além do relevo, os solos e as litologias.

No município de Canguçu, estudos que objetivam analisar suscetibilidades e potencialidades ambientais são necessários, pois são inúmeros os relatos de agricultores sobre o empobrecimento dos solos e a consequente diminuição da produtividade agrícola, além do esgotamento de nascentes fluviais e banhados.

Quando realizaram o estudo dos solos desse município, Cunha *et al.* (1997) constataram que o uso intensivo do solo vinha causando um desgaste erosivo laminar efetivo e generalizado. Esses mesmos autores destacam, ainda, que o desgaste erosivo se tornava mais intenso à medida que o relevo se acentua e também ocorria nas propriedades caracterizadas como minifúndios.

Viera (2012) considerou que 61% do município de Canguçu apresenta restrições ambientais severas quanto à capacidade de uso do solo. O mesmo autor identificou casos de perdas de solo generalizadas em unidades morfopedológicas de cristas, fato intensificado pelo mau uso do solo e pela retirada da vegetação.

Além dos aspectos relatados pelos autores supracitados, a questão ambiental também vem se refletindo no município de Canguçu pelo esgotamento de áreas úmidas. Esse fato é notório quando se percebe a diminuição do volume de água dos arroios e sangas, pois assim que as chuvas cessam, o volume de água desses corpos hídricos baixa rapidamente, fato que não era comum outrora.

Para a área de estudo temos até o momento trabalhos importantes que analisam o ambiente, com ênfase aos aspectos físicos, em especial o relevo. No

entanto, carece de estudos com maiores detalhamentos de informações como propõe a presente tese.

Quanto a caracterização e o Zoneamento Geoambiental temos até o momento importantes trabalhos científicos com uso de geoprocessamento, mas indefinidos quanto a automatização. Logo a presente tese avança nessa problemática ao propor o cruzamento automatizado entre os atributos do ambiente, resultando em uma amenização da visão analógica e o aumento da objetividade.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo principal da pesquisa consiste em caracterizar e propor o Zoneamento Geoambiental do município de Canguçu/RS e a respectiva identificação de potencialidades e suscetibilidades ambientais. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de objetivos específicos, fundamentalmente:

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Caracterizar os elementos do clima, hidrografia, pedologia, litologia e do relevo (hipsometria, declividade, tipos e características das vertentes);
- b) Realizar a compartimentação litopedológica e geomorfológica;
- c) Identificar e mapear os usos, coberturas e ocupação da terra;
- d) Realizar o Zoneamento Geoambiental para o município de Canguçu.

### **1.4 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE**

Canguçu compreende em seu território importantes características do ambiente físico e socioeconômico. Quanto ao ambiente físico observam-se vários tipos de litologias, gradientes do relevo e solos, atributos com diferentes potencialidades e suscetibilidades ambientais.

Do ponto de vista socioeconômico há uma dinamicidade importante na área de estudo, observado o predomínio de práticas agrícolas familiares. Estas, conseqüentemente, ocasionam uma ciclicidade nos usos e coberturas da terra e no

ambiente em geral resultando em transformações de dinâmicas ambientais. As transformações requerem atenção a fim de mitigar os impactos ambientais, e o disciplinamento da ocupação territorial é necessário nesse processo.

O disciplinamento e a ordenação territorial dão-se por políticas, planejamento, gerenciamento e/ou monitoramento ambiental, instrumentos da gestão ambiental. Esses instrumentos se validam pelo conhecimento de variáveis do ambiente em foco logo a importância da caracterização e o Zoneamento Geoambiental.

No caso da tese, a qual visa abordar a unidade territorial do município de Canguçu, a caracterização e o Zoneamento Geoambiental tornam-se ainda mais úteis, pois além de enriquecer o conhecimento científico, é um estudo que poderá ser disponibilizado aos gestores municipais carentes nesse aspecto.

Também é importante destacar que esta pesquisa constituir-se-á em um estudo inédito para o município em questão. Pois não existem estudos equivalentes ou de detalhe cartográfico e informações como o que propõe a presente proposta de pesquisa, direcionada para esse município.

Dessa forma, a presente tese defende a hipótese que o cruzamento automatizado entre os elementos do ambiente que compõem as unidades geomorfológicas e os usos e as coberturas da terra permitem definir áreas com diferentes potencialidades e suscetibilidades ambientais no município de Canguçu.

## **1.5 APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de Canguçu foi fundado na data de 27 de junho de 1857 (BENTO, 2007). De acordo com esse autor, os primeiros habitantes desse território foram os índios Tapes, nome também dado a essa região, sendo que a cidade de Canguçu se localiza bem ao centro dela e, por isso, é conhecida também como a Princesa dos Tapes.

Apesar de não haver consenso sobre a origem do nome Canguçu, a teoria mais aceita é a que explica sua origem a partir da referência à palavra indígena “Caa-guassu” com o sentido de “mato grande” como referência à densa floresta que existia nessa região (BENTO, 2007).

Depois dos indígenas, os próximos habitantes a chegarem à Canguçu foram os portugueses, seguidos pelos africanos, pomeranos e italianos. Devem-se a esses povos, e em especial aos colonizadores pomeranos, o destaque do município de

Canguçu, atualmente, como a capital latino-americana do minifúndio e da agricultura familiar (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANGUÇU, 2019).

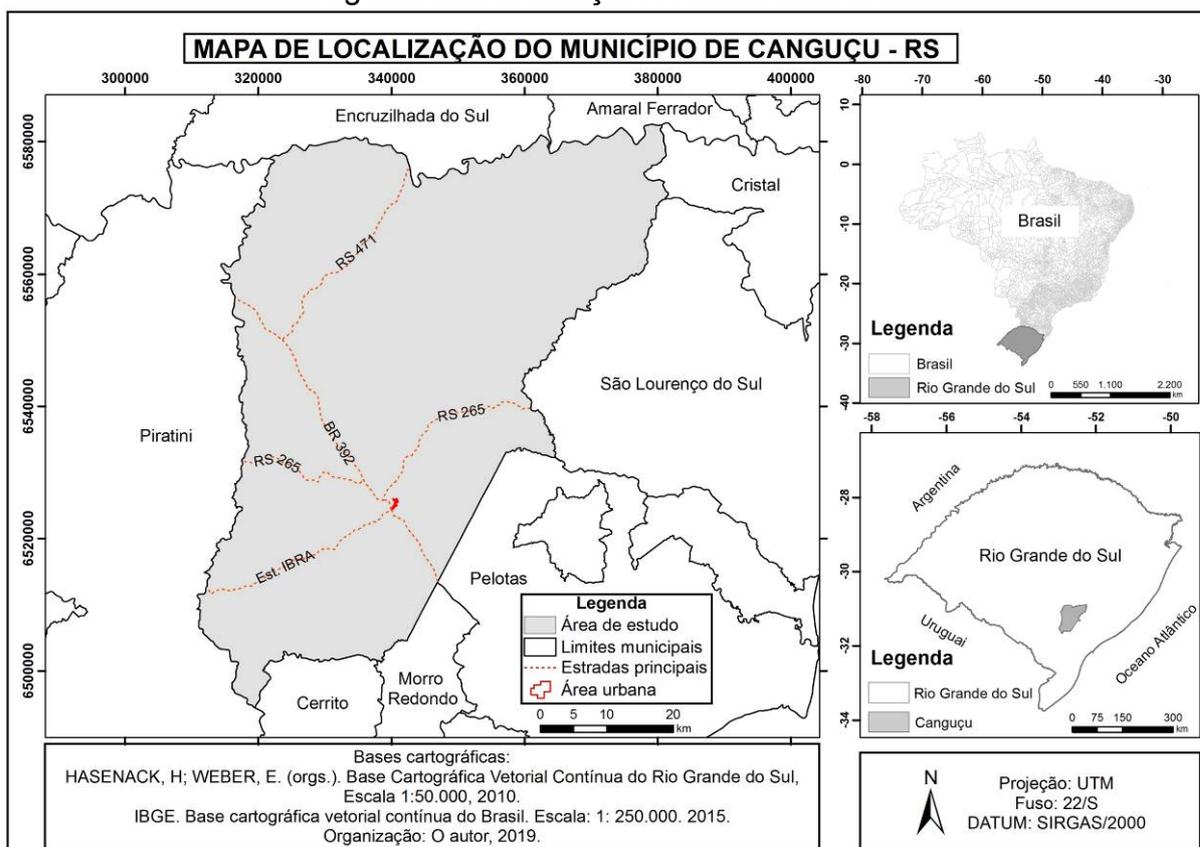
O município conta com uma população de 53.259 habitantes e densidade demográfica de 15,11 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Economicamente, destaca-se em atividades agropastoris. Segundo dados sistematizados pela Prefeitura Municipal de Canguçu (2019), o município é um dos maiores produtores de fumo do Brasil, além de representar importante polo da pecuária gaúcha.

De acordo com Dutra (2015), a fumicultura é uma das responsáveis pelo aporte de capitais e renda para as famílias, e é também o setor que tem impulsionado o dinamismo do setor terciário no município.

Canguçu está localizado no Sul do estado do Rio Grande do Sul (RS) e, no contexto do estado, ocupa área oficial de expressiva dimensão física, 3.525,293 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019). Em seu território, devido a suas características físicas, encontram-se as nascentes de muitos afluentes de importantes cursos fluviais da região, a destacar a nascente dos arroios Quilombo e Caneleiras que, no município de Pelotas, serão designados como Arroio Pelotas. Também se situam importantes afluentes dos rios Piratini e Camaquã.

O município de Canguçu está localizado entre as seguintes coordenadas geográficas: 30°53'06" a 31°40'06" de latitude sul da Linha do Equador, e 52°59'28" a 52°14'21" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Organização: O autor (2019).

Do ponto de vista geológico-geomorfológico, o município de Canguçu está situado inteiramente na unidade morfoestrutural do Escudo Sul-Rio-Grandense.

Com base nos dados climáticos, para a região que abrange a área de estudo, observou-se que os meses de maiores temperaturas são dezembro, janeiro e fevereiro, com médias acima dos 20 °C; os meses de menores temperaturas são junho e julho, com médias abaixo dos 15 °C. A temperatura média anual é de 17,8 °C e os índices pluviométricos giram em torno de 1366,9 mm (EMBRAPA; UFPEL; INMET, 2019).

Enquanto realidade fisiográfica, Canguçu caracteriza-se como uma área de transição (AB'SÁBER, 2003), compreendendo bosques de florestas subtropicais densas e campos mistos. As primeiras estão localizadas, principalmente, junto aos cursos fluviais e o relevo é ondulado a fortemente ondulado, enquanto os campos mistos são encontrados em áreas planas a levemente onduladas.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem por finalidade respaldar o autor por meio de revisões teóricas sobre conceitos que envolvem a temática de estudo. Na tese, essas revisões serão realizadas no sentido de analisar conceitos, objetivos e metodologias existentes acerca da temática geoambiental.

### 2.1 ESTUDOS GEOAMBIENTAIS

O mapeamento geoambiental diz respeito a uma integração dos aspectos dos meios físico e socioeconômico. Essa integração deve-se pela fundamentação em uma perspectiva sistêmica, a partir da qual busca-se compreender aqueles aspectos enquanto fatores inter-relacionados.

A visão sistêmica, a partir da qual os estudos geoambientais devem ser desenvolvidos, procura explicar a realidade a partir de uma análise integrada dos diversos aspectos. Isso deve ser considerado porque a análise das partes isoladamente não explica o todo.

Bolós (1981), referindo-se à análise sistêmica relacionada aos estudos da paisagem, compactua com a ideia que não se pode estudar a geografia física sem levar em consideração a geografia humana, e vice-versa. Segundo essa autora:

*El concepto de sistema conduce pues a un acto mental mediante el cual se selecciona entre un número indefinido de elementos y relaciones, un conjunto de ellos que indiquen cierta coherencia y unidad y que permitan la interpretación de hechos que de otra forma podrían parecer una agrupación arbitraria. (BOLÓS, 1981, p. 50)*

Ainda segundo a autora anteriormente citada, o conceito de sistema vem de uma necessidade de compreender a superfície terrestre como uma realidade integrada. Nesse contexto e com esse viés, inserem-se os estudos geoambientais.

Nas palavras de Calderano Filho *et al.* (2013, p. 561), o conceito de geoambiental pode ser compreendido como “o estudo dos elementos físico-bióticos componentes da paisagem, que resulta na caracterização de aspectos do meio (geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, recursos naturais)”.

Para o conceito de unidade geoambiental, também é encontrada definição na legislação, Decreto Federal nº 5.300/2004. Nele, esse conceito é definido como

“porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência” (BRASIL, 2004).

Segundo Trentin e Robaina (2005, p. 3607):

O processo de mapeamento geoambiental tem como rotina fundamental a divisão da área em unidades, de acordo com a variação de seus parâmetros e em compartimentos com respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial.

Para Cabral (2014, p. 19):

A compartimentação ou zoneamento ambiental tem como finalidade a organização de determinada área em unidades com semelhanças quanto às potencialidades de uso e ocupação, devido às condições atuais da área, referentes tanto às características físicas quanto de ação antrópica que constituirão sua dinâmica atual.

De acordo com Trentin e Robaina (2005), um trabalho de mapeamento geoambiental deve partir da análise do substrato geológico e das características climáticas, devendo estas serem estudadas tanto em suas características presentes quanto passadas. Conforme esses autores, os aspectos climáticos e geológicos são fatores básicos para o conhecimento do relevo e das características hidrográficas de uma determinada área.

Em relação a essa questão, e ainda de acordo com os autores anteriormente citados, a análise da geologia é importante para o entendimento dos tipos de ocupação existentes em uma área. Na visão desses autores, o fator clima deve ser analisado no sentido de compreender tanto o modelado do relevo quanto os processos morfodinâmicos que se desenvolvem sobre ele.

Desse modo, realizou-se uma breve análise acerca do conceito de geoambiental. Na visão de Oliveira e Diniz (2015), a compartimentação geoambiental é uma etapa precedente ao Zoneamento Geoambiental. Ainda conforme esses autores: “A análise separada de cada unidade geoambiental permite descrever com satisfação a disponibilidade de recursos naturais existentes em determinada porção do espaço” (OLIVEIRA; DINIZ, 2015, p. 365).

A Figura 2 apresenta uma síntese com trabalhos que abordam estudos de cunho geoambiental e que foram analisados na construção da pesquisa. Neste quadro, constam o ano, o periódico, o(s) autor(es) e o título da publicação.

Figura 2 – Trabalhos científicos referentes à temática geoambiental

Ano	Periódico e/ou instituição	Autor(es)	Título
2007	Mercator	SOARES, F. M.	Diagnóstico geoambiental da bacia do litoral no Ceará.
2007	Revista Brasileira de Geociências	SANTOS, L. J. C; OKA-FIORI, C; CANALLI, N. E; FIORI, A. P; SILVEIRA, C. T; SILVA, J. M. F.	Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná.
2007	Holos	BEZERRA JÚNIOR, J. G. O.; SILVA, N. M.	Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte.
2008	Revista Brasileira de Geociências	SOUZA, M. L.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P.	Diagnóstico geoambiental da bacia do córrego Tenente em Mariluz/PR, Brasil.
2008	Boletim Goiano de Geografia	NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B.; SOUZA, M. J.; CRUZ, M. L. B.	Diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação.
2009	Revista Brasileira de Geociências	BEZERRA, M. Â; ETCHEBEHERE, M. L. C; SAAD, A. R; CASADO, F. C.	Análise geoambiental da região de Marília/SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área.
2010	Revista Sociedade e Natureza	CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CALDERANO, S. B.	Estudo geoambiental do município de Bom Jardim/RJ, com suporte de geotecnologias: Subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas.
2010	Mercator	LIMA, F. J.; CESTARO, L. A.; ARAÚJO, P. C.	Sistemas geoambientais do município de Crato/CE.
2011	Tese de doutorado	TRENTIN, R.	Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul.
2011	Revista Brasileira de Geociências	MOURA, C. A.; MATTOS, J. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.	Mapeamento geoambiental como subsídio na determinação de áreas de instabilidades da faixa de dutos Osvat/Osplan – São Sebastião/SP.
2012	Dissertação de mestrado	ALBUQUERQUE, E. L. S.	Análise geoambiental como subsídio ao ordenamento territorial do município de Horizonte/CE.
2013	Tese de doutorado	GALVÃO, V.	Análise geoambiental dos grandes rios aplicada ao potencial turístico e determinação da capacidade de carga turística: estudo de caso alto curso do rio Paraná.
2013	Revista Brasileira de Geociências	CALDERANO FILHO, B; POLIVANOV, H; BARROSO, E. V; GUERRA, J. T; CHAGAS, C. S; CALDERANO, S. B; CARVALHO JÚNIOR, W.	Cartografia geoambiental no médio alto curso do Rio Grande/RJ, subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas da serra do mar.
2013	Geografia –Rio Claro	GARÓFALO, D. F. T.; FERREIRA, M. F. M.	Análise geoambiental de bacias hidrográficas situadas em áreas de transição urbano-rural: uma aplicação na bacia do ribeirão do pântano, Alfenas/MG.

Ano	Periódico e/ou instituição	Autor(es)	Título
2014	Revista Geonorte	DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P.	Caracterização geoambiental dos sertões do Seridó potiguar como subsídio para o planejamento ambiental.
2014	Boletim Goiano de Geografia (on-line)	SANTOS, J. T.; SOUZA, M. J. N.	Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos.
2015	Geografia em questão	SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S.	Características geoambientais de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Nordeste, Brasil.
2018	Revista Geográfica de América Central	ANDRADE-OLIVEIRA, D. B.; BARROS-SANTOS, J.; RODRIGUES-MAIA, M.; OLIVEIRA, E.; MAIA-LIMA, E.	Geoprocessamento aplicado à análise geoambiental no Município de Vitória da Conquista/BA.

Organização: O autor (2019).

## 2.2 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

O Zoneamento Geoambiental está inserido no contexto da questão ambiental e, nesse sentido, esse conceito começa a ser popularizado concomitantemente às preocupações com essas questões.

As questões ambientais são antigas na sociedade, no entanto, elas popularizaram-se somente a partir da segunda metade do século XX, principalmente após a realização da Conferência de Estocolmo em 1972.

O movimento da Conferência de Estocolmo e seus reflexos no Brasil contribuíram para a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente em 1981, na qual aparece o termo zoneamento ambiental que, mais tarde, com o Decreto n. 4.297/2002 passa a se chamar Zoneamento Ecológico-Econômico (FRITZONS; CORREA, 2009).

O conceito de zoneamento consta em legislação brasileira desde o Estatuto da Terra, Lei nº 4.504/1964 (BRASIL, 1964). No Art. 43 dessa lei, o zoneamento é usado com referência ao estudo de regiões homogêneas do ponto de vista socioeconômico e das características da estrutura agrária visando definir:

I – as regiões críticas que estão exigindo reforma agrária com progressiva eliminação dos minifúndios e dos latifúndios; II – as regiões em estágio mais avançado de desenvolvimento social e econômico, em que não ocorram tensões nas estruturas demográficas e agrárias; III – as regiões já economicamente ocupadas em que predomine economia de subsistência e cujos lavradores e pecuaristas careçam de assistência adequada; IV – as regiões ainda em fase de ocupação econômica, carentes de programas de desbravamento, povoamento e colonização de áreas pioneiras. (BRASIL, 1964)

De acordo com a lei mencionada anteriormente, o Art. 44 define que são objetivos desse zoneamento:

I – estabelecer as diretrizes da política agrária a ser adotada em cada tipo de região; II – programar a ação dos órgãos governamentais, para desenvolvimento do setor rural, nas regiões delimitadas como de maior significação econômica e social. (BRASIL, 1964)

Nesse contexto, ainda que subjetivamente, na Lei 4.771/1965, que institui o Novo Código Florestal (BRASIL, 1965), fica implícita a necessidade, por parte dos agricultores, da elaboração de um zoneamento ambiental de suas propriedades. Isso se faz necessário para identificação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de áreas de reserva legal, podendo-se destacar, nesses casos, as áreas ao longo dos rios, as nascentes fluviais, os topos de morros e as encostas com declividades superiores a 45°, conforme explicitado na Lei 4.771/1965 (BRASIL, 1965).

O zoneamento ambiental também consta como um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981) em seu art. 9°, inciso II.

Objetivo do Decreto Federal n. 4.297/2002 (BRASIL, 2002), o termo zoneamento ambiental passa a ser entendido como Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). Essa mudança na definição do conceito ocorre principalmente em consequência do avanço das ciências e da necessidade de uma integração maior dos fatores ambientais e do desenvolvimento sustentável, além da melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

Conforme o artigo 4° dessa lei (BRASIL, 2002), que versa sobre o processo de elaboração e implementação do ZEE:

I – buscará a sustentabilidade ecológica, econômica e social, com vistas a compatibilizar o crescimento econômico e a proteção dos recursos naturais, em favor das presentes e futuras gerações, em decorrência do reconhecimento de valor intrínseco à biodiversidade e a seus componentes; II – contará com ampla participação democrática, compartilhando suas ações e responsabilidades entre os diferentes níveis da administração pública e da sociedade civil; e III – valorizará o conhecimento científico multidisciplinar. (BRASIL, 2002)

A partir dessas revisões sobre o surgimento e os conceitos de zoneamento, observa-se que o termo geoambiental não consta em legislação específica. Trata-se,

portanto, de um conceito oriundo do refinamento dos estudos acadêmicos e que, devido à abrangência e à dinâmica multidisciplinar do tema, convencionou-se chamar de geoambiental.

Ao realizar revisões bibliográficas de cunho acadêmico, observa-se que são distintas as definições acerca do conceito de Zoneamento Geoambiental dentro da ciência geográfica e, em muitos casos, ainda trabalhado como zoneamento ambiental, principalmente estudos menos recentes.

De acordo com Ross (1994), o zoneamento ambiental pode ser definido enquanto uma síntese do conhecimento de disciplinas científicas afins. Pois, segundo esse autor:

[...] o Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio socioeconômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada. (ROSS, 1994, p. 64)

Segundo Corrêa *et al.* (2017, p. 8), o zoneamento ambiental pode ser caracterizado como:

*Geo-environmental mapping is part of the land-use planning process, with homogeneous areas defined regarding to their natural characteristics and evaluated considering potential and limitations to determinate the needs for management or conservations, even as their tolerance to anthropic interventions.*

De modo geral, o Zoneamento Geoambiental pode ser conceituado como a organização de um determinado espaço, ou seja, a separação de sistemas ou unidades geoambientais. Para a definição desses sistemas e unidades, é importante o conhecimento de potencialidades e suscetibilidades ambientais de um determinado espaço. Ao tratar dessas questões, Ross (1994, p. 65) explica que:

O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas.

Voltando a tratar da discussão teórico-conceitual sobre o termo do Zoneamento Geoambiental, e de acordo com De Nardin e Robaina (2009, p. 164):

O Zoneamento Geoambiental consiste na compartimentação do espaço em porções homogêneas obtidas através da avaliação das potencialidades e limitações das paisagens. Seus pressupostos teóricos indicam que este tipo de zoneamento pode ser visto como um instrumento de regulação do uso dos recursos naturais.

Para Dias e Oliveira (2013), o Zoneamento Geoambiental deve visar à integração da dinâmica dos aspectos físico-naturais e socioeconômicos, de modo a integrar as diversas disciplinas científicas acerca da realidade pesquisada. Na visão de Moraes (2007), o Zoneamento Geoambiental consiste em uma integração mental de planos de informação e não em sua sobreposição. Ainda de acordo com essa mesma autora, esse conceito pode ser definido como “um instrumento técnico voltado ao planejamento ambiental”.

Conforme De Nardin e Robaina (2010, p. 488), esse conceito em discussão pode ser definido como “um instrumento de auxílio no planejamento e no ordenamento territorial, em escala regional ou local”.

Seguindo essa discussão teórico-conceitual sobre o conceito de Zoneamento Geoambiental, e de acordo com Silva *et al.* (2011, p. 227):

A realização de um Zoneamento Geoambiental corresponde a um diagnóstico físico-biótico, cujo objetivo é individualizar zonas do terreno com comportamento similar, para orientar as diretrizes de planejamento e possibilitar a elaboração de prognósticos.

Como vimos, o Zoneamento Geoambiental também pode ser entendido como o ato de disciplinar o uso de uma determinada área. Com esse propósito, Moura *et al.* (2011, p. 612) explicam que “ao zonear uma área busca-se qualificá-la ou não a determinado uso, ou seja, o zoneamento parte do uso que se pretende fazer de determinado local”. Dessa visão também compactua Cabral (2014, p. 62), pois, para essa autora, “o zoneamento é uma setorização da paisagem, no qual visa potencializar o uso sem comprometer o meio ambiente, e propor alternativas que minimizem as fragilidades e limitações características de cada paisagem”.

Segundo Silva (2005, p. 1): “Realizar um Zoneamento Geoambiental consiste em caracterizar uma área com relação às suas aptidões e restrições a atividades em

desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas na mesma”. Ainda de acordo com esse mesmo autor:

O processo de zoneamento tem por resultado uma ordenação territorial em unidades ambientais com características homogêneas de uso intensivo, extensivo, de preservação e de uso múltiplo, que permitem orientar a ocupação do espaço e uso dos recursos. (SILVA, 2005, p. 1)

Ao discorrer sobre os conceitos de mapeamento e Zoneamento Geoambiental, notam-se definições equivalentes acerca desses conceitos. A fim de diferenciá-los, e de acordo com ideia adotada na pesquisa, entende-se por mapeamento geoambiental a etapa de caracterização (potencialidades e suscetibilidades ambientais) e compartimentação de áreas homogêneas em meio à heterogeneidade de paisagens. Diferentemente, o Zoneamento Geoambiental é o pressuposto que parte de cada autor e que se quer propor a uma área, determinando espaços menos e mais adequados a determinados usos.

O entendimento acerca do que sejam espaços homogêneos no Zoneamento Geoambiental, conforme observado em De Nardin (2009), Robaina (2010) e Schirmer (2015), é o de que sejam sistemas e unidades geoambientais.

De acordo com os autores anteriormente destacados, entende-se por sistema geoambiental o espaço homogêneo nos aspectos do ambiente físico e do socioeconômico, apesar de fazer referência a um conceito amplo. Ainda de acordo com esses autores, o conceito de unidade geoambiental refere-se a um espaço inserido em um sistema, portanto trata-se de uma área menor e com homogeneidade maior em relação aos sistemas geoambientais.

Tomando o território de um município como área para um Zoneamento Geoambiental, logo temos um sistema que seria a área urbana. Nesse caso, a partir de análises sobre esse sistema urbano, podemos ter algumas unidades geoambientais que, no caso hipotético, poderiam ser alguns bairros desse sistema em discussão.

Ainda, usando como exemplo a hipotética área mencionada e levando em consideração os tipos de uso e ocupação da terra da área rural, poderíamos ter alguns outros sistemas geoambientais. Esses sistemas poderiam ser os ambientes identificados com a agricultura familiar, outros com a monocultura, pecuária intensiva ou extensiva, entre outros exemplos.

Conforme mencionado, concomitantemente à análise das suscetibilidades e potencialidades ambientais, pode-se definir a compartimentação e o Zoneamento Geoambiental.

A Figura 3 apresenta uma síntese com trabalhos que abordam estudos de Zoneamento Geoambiental e que deram respaldo à construção da pesquisa. Neste quadro, constam o ano, o periódico, o(s) autor(es) e o título da publicação.

Figura 3 – Trabalhos científicos referentes à temática de Zoneamento Geoambiental

Ano	Periódico e/ou instituição	Autor(es)	Título
1996	Ministério do Planejamento e Orçamento	IBGE	Zoneamento Geoambiental da bacia do alto Paraguaçu.
2003	Revista Brasileira de Geociências	OHARA, T. JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. MATTOS, J. T. CAETANO, N. R.	Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias.
2005	Tese de doutorado	SILVA, S. F.	Zoneamento Geoambiental com auxílio de lógica fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do rio do Peixe.
2005	UFBA	MAIA, M. R.	Zoneamento Geoambiental do município de Vitória da Conquista/BA: Um subsídio ao planejamento.
2007	UNESP	MORAES, F. T.	Zoneamento Geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica.
2008	UNESP	LISBOA, A. M.	Zoneamento Geoambiental aplicado ao planejamento da gestão ambiental e territorial do município de Colorado D'Oeste.
2008	GeoFocus	ONTIVERO, M.; MARTÍNEZ, V. J.; GONZÁLEZ, C. V.; ECHAVARRÍA, P.	Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica.
2009	UNESP	DELLA JUSTINA, E. E.	Zoneamento Geoambiental da zona de amortecimento da reserva biológica do Jarú/RO como subsídio ao seu plano de manejo.
2009	Geografia – Rio Claro	DE NARDIN, D; ROBAINA, L. E. S.	Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.
2009	UFRGS	DE NARDIN, D.	Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas.
2010	Revista Sociedade e Natureza	DE NARDIN, D; ROBAINA, L. E. S.	Zoneamento Geoambiental do oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacia hidrográfica em processo de arenização.
2011	GeoFocus	SILVA, S. R. R, CHAVES, I. B., E.; ALVES, J. J. A.	Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Açude Camará/PB.

Ano	Periódico e/ou instituição	Autor(es)	Título
2011	Revista Geografias	MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V.	Zoneamento Geoambiental do município de São Pedro do Sul/RS.
2011	Revista Geografia Acadêmica	SOUZA, C. M. P.; FONTES, E. O.; MOREAU, A. M. S. S.	Zoneamento Geoambiental e transformações da paisagem dos municípios Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia/BA.
2011	Revista Geográfica de América Central	CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S.	Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil.
2012	Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras	RODRÍGUEZ, A. L.; LOZANO-RIVERA, P.; SIERRA-CORREA, P. C.	Criterios de zonificación ambiental usando técnicas participativas y de información: Estudio de caso zona costera del Departamento del Atlántico.
2012	Geografia – Rio Claro	PINTON, L. G.; CUNHA, C. M. L.	Zoneamento Geoambiental e funcional da área urbana do município de Cubatão/SP.
2012	UNESP	SATO, S. E.	Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém Baixada Santista/SP.
2012	UNESP	TRAVALINE, V.	Zoneamento Geoambiental do município de Bertioga/SP.
2012	Geociências	SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S.	Zoneamento Geoambiental em municípios do Rio Grande do Sul: município de Agudo.
2013	Geografia – Rio Claro	DIAS, R. L.; OLIVEIRA, R. C.	Zoneamento Geoambiental do litoral sul do estado de São Paulo.
2013	UNESP	PILACHEVSKY, T.	Zoneamento Geoambiental do município de São João da Boa Vista/SP.
2013	Mercator	AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C.	Zoneamento ambiental, subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da Costa do Descobrimento.
2014	UNESP	AMARAL, A. M. C.	Zoneamento Geoambiental do município de Casa Branca/SP.
2014	UFSM	CABRAL, T. L.	Zoneamento e mapeamento geoambiental no município de Sorriso/MT.
2014	Mercator	SOUZA, T. A.; CUNHA, C. M. L.	Representação da paisagem através da carta de unidades geoambientais em áreas litorâneas.
2015	UFSM	SCHIRMER, G. J.	Zoneamento Geoambiental da Quarta Colônia/RS.
2015	UFSM	SCOTI, A. A. V.	Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada/RS: potencialidades e suscetibilidades.
2017	Brazilian Academy of Sciences	CORRÊA, C. V. S.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; BRESSANE, A.; CHAVES, C. J.; AMARAL, A. M. C.; BRITO, H. D.; MEDEIROS, G. A.	Geo-environmental zoning using physiographic compartmentalization: a proposal for supporting sustainable decision-making.
2018	Revista Geoambiente online	RODRIGUES, L. P. LEITE, E. F.	Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Acôgo/MS.
2018	Geosul	RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.	Zoneamento Geoambiental do município de Cacequi/RS.

Ano	Periódico e/ou instituição	Autor(es)	Título
2018	Revista Geográfica de América Central	CARRERA, A. C. V.; GUERRERO, J. A. H.	Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México.

Organização: O autor (2018).

No item seguinte, será realizada uma análise sobre trabalhos referentes à temática geoambiental. O objetivo desse item será analisar objetivos, metodologias e atributos utilizados nesses trabalhos, além de alguns resultados destacados pelos autores.

### **2.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS NOS TRABALHOS GEOAMBIENTAIS: PRINCIPAIS ATRIBUTOS E CRUZAMENTOS MULTICRITÉRIOS**

Para a realização de um estudo geoambiental, é necessária a análise integrada de diversos atributos dos meios físico e socioeconômico. No geral, pode-se afirmar que quanto maior o número de atributos agregados nesses estudos, maior será a riqueza dos resultados.

Na qualidade de temas norteadores dos estudos geoambientais, e de acordo com Schirmer e Robaina (2011), podem ser destacados os atributos de geologia, hidrogeografia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação da terra, além de questões relativas à degradação e às áreas de proteção ambiental. Além disso, questões associadas ao clima, à fitogeografia, aos aspectos socioeconômicos e à ação antrópica podem ser incorporadas.

Observa-se que não há unanimidade entre os estudiosos sobre quais atributos usar em um estudo de Zoneamento Geoambiental, nem quanto a qual tipo de atributo seja o mais importante nesses estudos.

De todo modo, ao revisar bibliografias de cunho geoambiental, depreende-se que os atributos do relevo, geologia, solos e uso e cobertura da terra são muito enfatizados nas caracterizações geoambientais, conforme se pode observar no presente item.

Para a realização do diagnóstico geoambiental de uma bacia hidrográfica do litoral do Ceará, Soares (2007) analisou os parâmetros de: neotectônica, morfoestrutura, morfoescultura, geomorfologia, geologia, solos, clima, vegetação e hidrografia.

No diagnóstico geoambiental da bacia do córrego Tenente em Mariluz/PR, Souza *et al.* (2008) utilizaram atributos do clima, uso e cobertura da terra e, principalmente, do cruzamento entre os atributos de substrato rochoso, cobertura pedológica e aspectos geomorfométricos (hipsometria, declividade e orientação das vertentes). Utilizando uma escala de 1:50.000, esses autores puderam evidenciar os principais problemas de degradação ambiental da área de estudo e elaboraram, enquanto produto, uma carta morfopedológica.

Na realização do diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica do rio Acaraú/CE, Nascimento *et al.* (2008) utilizaram estratégias metodológicas de abordagem sistêmica, valorização da multidisciplinaridade e sistemas de informação sobre os atributos de geologia, geomorfologia, hidroclimatologia, pedologia, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra. Esses autores delimitaram as unidades geossistêmicas mediante combinações mútuas e específicas entre os atributos mencionados, apontando potencialidades e limitações da área de estudo.

Para desenvolver o mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná, Santos *et al.* (2007) utilizaram atributos de pedologia, declividade e geologia tomando as unidades geomorfológicas como base para a caracterização geoambiental. O método utilizado por esses autores foi o da análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados e, devido às dimensões da área de estudo, 199.575 km<sup>2</sup>, esses autores desenvolveram o trabalho em uma escala de 1:600.000.

Assim como fizeram os autores anteriormente citados, apontando suscetibilidades e potencialidades ambientais para a área de estudo, Calderano Filho *et al.* (2013) também propuseram para a área do médio-alto curso do rio Grande localizado na sub-bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul/SP. Esses autores alcançaram seus objetivos com base em atributos topográficos, geologia, pedologia e uso e cobertura da terra.

Para a realização da análise geoambiental da bacia hidrográfica do Cocó/CE, Santos e Souza (2014) fizeram uso de diversos atributos físicos como a drenagem, geologia, clima, solo, geomorfologia, vegetação e uso e ocupação da terra, definindo os sistemas ambientais. A partir da análise das potencialidades e limitações naturais desses sistemas e associando-os aos condicionantes socioeconômicos, os autores definiram a vulnerabilidade ambiental da área de estudo em ambientes frágeis,

medianamente frágeis e medianamente estáveis, produzindo um mapa com as unidades de intervenção ambiental.

Assim como os autores anteriormente citados, Garófalo e Ferreira (2013) também tomaram uma bacia hidrográfica como área para a realização de um estudo geoambiental. Esses autores desenvolveram o trabalho a partir de uma abordagem sistêmica com atributos de topografia, de geologia e uso do solo. Nesse trabalho, os referidos autores apontaram alguns problemas ambientais e também algumas proposições para a área de estudo.

Com metodologia semelhante à aplicada pelos autores mencionados anteriormente, Lima *et al.* (2010) realizaram a caracterização dos sistemas geoambientais do município de Crato/CE. Para isso, esses autores utilizaram aspectos topográficos, geológicos, solos, geomorfológicos, clima e cobertura vegetal e, com isso, foi possível conhecer as suscetibilidades e potencialidades ambientais da área de estudo. Santos e Aquino (2015) utilizaram os mesmos atributos destacados pelos autores anteriormente citados para a caracterização geoambiental dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí/PI.

Para a análise geoambiental e a determinação da capacidade de carga turística de grandes rios localizados no alto curso do rio Paraná, Galvão (2013), em sua tese de doutorado, analisou os parâmetros de geomorfologia fluvial, características bióticas e de interesse turístico. Com base nesses parâmetros, o autor estabeleceu o grau de fragilidade ambiental e de capacidade de carga turística para cada ambiente e subambiente fluvial, além de criar um novo método para a determinação da capacidade de carga turística para esses locais.

Por meio de uma análise integrada dos atributos de relevo, solo, clima, hidrografia e vegetação, Bezerra Júnior e Silva (2007) realizaram a caracterização geoambiental da microrregião do Seridó oriental do estado do Rio Grande do Norte. Esse trabalho permitiu aos autores contribuir na elaboração de planos de desenvolvimento sustentável da área de estudo.

Com a finalidade da caracterização geoambiental dessa mesma região, Diniz e Oliveira (2014) utilizaram os atributos de fitogeografia, geologia, clima, hidrografia, solos e geomorfologia. Para precisar o grau de degradação ambiental dessa área, esses autores utilizaram o sistema de classificação ecodinâmica da paisagem e, considerando a relação entre morfogênese e pedogênese, classificaram a área de estudo em ambientes instáveis, integrados e estáveis.

Ainda, do ponto de vista metodológico, os autores anteriormente citados consideraram o atributo da geomorfologia que, especialmente quando analisado junto aos demais aspectos físicos, é um atributo satisfatório para conhecer a realidade geoambiental de uma determinada área.

No trabalho de análise geoambiental do município de Horizonte/CE, que compreende uma área territorial de 160,77 km<sup>2</sup>, Albuquerque (2012) utilizou geoprocessamento e uma visão sistêmica sobre os atributos de solos, geologia, geomorfologia, hidrografia, clima, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra. Com ênfase nas características geoecológicas e nos aspectos geomorfológicos, o autor identificou sistemas e subsistemas ambientais e apontou potencialidades, suscetibilidades e cenários tendenciais para a área de estudo. Além disso, e com base em dados socioeconômicos, o autor definiu setores censitários que, sobrepostos ao mapa de sistemas e subsistemas ambientais, gerou um mapa-síntese numa escala de 1:20.000, recomendado como um instrumento para o planejamento e tomada de decisão por parte do poder público.

Com uma visão equivalente à dos autores anteriormente citados, para analisar a suscetibilidade erosiva de unidades pedológicas ou estratigráficas, Bezerra *et al.* (2009) desenvolveram um estudo de análise geoambiental basicamente analisando os atributos de geologia e geomorfologia.

Em sua tese de doutorado, que tinha como um dos objetivos a caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Itu, que compõe uma área de 2.809,61 km<sup>2</sup>, Trentin (2011) analisou os atributos de hidrografia, pedologia, litologia, clima, aspectos físicos do relevo (declividade, hipsometria, características das vertentes) e, sobretudo, o mapa geomorfológico e o uso, ocupação e cobertura vegetal. Utilizando uma visão sistêmica e o SIG, o autor compartimentou sua área de estudo em seis sistemas e oito unidades geoambientais, caracterizando-as conforme suas potencialidades e suscetibilidades ambientais e representando-as em uma escala de 1:50.000.

Objetivando analisar as características geoambientais do município de Vitória da Conquista na Bahia, Andrade-Oliveira *et al.* (2018) utilizaram o SIG, sensoriamento remoto e geoprocessamento. Com base nisso, os autores compartimentaram a área de estudo em três unidades geoambientais, as quais foram caracterizadas, sobretudo, pelos atributos de declividade, hipsometria e uso e cobertura da terra.

Para o Zoneamento Geoambiental desse mesmo município, Maia (2005) utilizou uma abordagem sistêmica. A autora realizou a compartimentação geoambiental por interpretação visual de imagens de satélite, identificando três geossistemas e compartimentando-os em treze unidades geoambientais.

Essa autora referenciada anteriormente caracterizou os geossistemas e as unidades geoambientais segundo os fatores limitações do uso dos recursos naturais, vulnerabilidade e estabilidade ambiental. Para realizar essas caracterizações, a autora utilizou os seguintes atributos: geologia, solos, vegetação, clima, geomorfologia, uso do solo, hidrografia e aspectos socioeconômicos.

Com o objetivo de identificar potencialidades e limitações ambientais, o IBGE (1996) realizou um Zoneamento Geoambiental para a bacia hidrográfica do Alto Paraguaçu/BA. Metodologicamente e utilizando os atributos de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, clima e uso da terra e adotando uma visão sistêmica, foram feitas correlações entre esses atributos destacando-se o cruzamento entre geomorfologia e geologia, gerando a compartimentação morfoestrutural, e o cruzamento da geomorfologia com os solos, gerando a compartimentação morfopedológica.

No processo de relação entre os atributos físicos e bióticos, o órgão citado anteriormente também destaca o cruzamento entre a morfologia e a drenagem, pois, por esse procedimento, foram feitas as interpretações sobre os processos morfogenéticos do relevo. A relação entre os aspectos físico-ambientais foi necessária para gerar dados e, com isso, fazer interpretações relacionadas à morfogênese e à pedogênese. Essas interpretações foram feitas com base na análise ecodinâmica a partir da qual foram feitas as definições das unidades homogêneas e suas respectivas classificações em ambientes estáveis, de transição e instáveis.

No Zoneamento Geoambiental em bacias hidrográficas da região oeste do Rio Grande do Sul, De Nardin (2009) utilizou diversos atributos como: clima, hidrografia, relevo, litologias, solos, geomorfologia, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra. Com o uso de SIG e de uma abordagem sistêmica e de síntese sobre todos esses atributos destacados, a autora compartimentou seis sistemas e nove unidades geoambientais conforme suas potencialidades e suscetibilidades ambientais.

Para realizar o Zoneamento Geoambiental do município de São Pedro do Sul/RS, Menezes *et al.* (2011) utilizaram os atributos de geologia, formas de relevo, hidrografia, solos, uso e ocupação da terra e feições superficiais. Nesse trabalho, os autores identificaram e caracterizaram, pelas potencialidades e impactos observados, sete unidades geoambientais, mediante a integração dos atributos do meio físico.

Levando em consideração aspectos físicos (informações topográficas, APP, geologia, pedologia e vegetação), socioeconômicos e uma visão pretérita de uso da terra, Souza *et al.* (2011) realizaram um Zoneamento Geoambiental para os municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália/BA. Nesse trabalho, os autores utilizaram uma abordagem sistêmica e adotaram uma análise integrada de sistemas ambientais e sociais de modo a analisar a paisagem por um enfoque funcional.

No processo de identificação das unidades geoambientais, os autores anteriormente citados tomaram, como base para a sua compartimentação, os compartimentos geomorfológicos. Essas unidades geoambientais foram caracterizadas de acordo com seu estado ecológico, de medianamente estável a muito crítico.

Objetivando contribuir com o desenvolvimento rural sustentável e com a gestão ambiental, Silva *et al.* (2011) desenvolveram um Zoneamento Geoambiental para a bacia hidrográfica do açude Camará/PB. A metodologia utilizada por esses autores foi a de visão geossistêmica, em que a definição das unidades geoambientais ocorreu com base na observação e integração dos atributos de tipos de uso da terra, solo e relevo, além da utilização de outros atributos, como a rede de drenagem na sua caracterização.

Para analisar a vulnerabilidade das unidades geoambientais, os autores anteriormente citados utilizaram um procedimento com o qual foram esquematizados alguns atributos da terra como classes de relevo, profundidade efetiva, uso da terra e densidade populacional. A cada atributo relacionado no procedimento foi atribuído um valor numérico. A partir desse esquema, os autores estabeleceram uma fórmula para identificar o grau de vulnerabilidade ambiental das unidades geoambientais (média baixa, média e média alta) e as potencialidades de cada unidade.

Para discutir e analisar a paisagem do município de Praia Grande/SP, Souza e Cunha (2014) utilizaram diversos atributos como declividade, cobertura vegetal, solos, uso da terra, geologia, geomorfologia, morfometria, tipos de relevo e

vertentes. Os autores basearam-se numa proposta metodológica em que as unidades físicas integrantes do sistema foram compartimentadas de acordo com suas funções geológicas de sistema serrano e de planície costeira, além de caracterizá-las em áreas emissoras, transmissoras e acumuladoras de matéria e energia. Nesse trabalho, os autores definiram vinte unidades geoambientais as quais foram representadas na escala de 1:50.000.

Na realização do zoneamento e mapeamento geoambiental do município de Sorriso/MT, Cabral (2014) utilizou uma análise integrada sobre os parâmetros de hidrografia constituintes do relevo (hipsometria, declividade e orientação das vertentes), geologia, solos, geomorfologia e uso, ocupação e cobertura vegetal. Na definição dos sistemas e unidades geoambientais, a autora utilizou como base o cruzamento entre o uso e ocupação da terra e a geomorfologia, com maior ênfase a este último parâmetro, o que também vai ao encontro da análise multicritério adotada por outros autores como Santos *et al.* (2007), Bezerra *et al.* (2009), De Nardin (2009), Albuquerque (2012) e Diniz e Oliveira (2014).

Com metodologia e atributos semelhantes aos adotados por Cabral (2014), Scoti (2015) realizou o Zoneamento Geoambiental do rio Ibicuí da Armada/RS. Esse autor fez a identificação de seis sistemas e duas unidades geoambientais caracterizando-os conforme suas potencialidades e vulnerabilidades ambientais.

Na realização do zoneamento ambiental da região da Costa do Descobrimento/BA, Amorim e Oliveira (2013) também empregaram uma abordagem sistêmica e, para a definição das unidades geoambientais, utilizaram os atributos de litologia, relevo, solos, vegetação, clima, aspectos de interação oceano-continente e morfométricos. Além disso, os autores elaboraram os mapas de sistemas antrópicos, níveis de ocupação, estado ambiental e de zoneamento ambiental e funcional a partir dos quais realizaram a avaliação setorial e integrada dos atributos físicos da paisagem da área de estudo.

Para a realização do Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio/PR, Camolezi e Volkmer (2011) utilizaram os atributos de geologia, geomorfologia, pedologia, clima, vegetação, hidrografia e dados socioeconômicos. Esses autores empregaram uma análise integrada desses atributos, compartimentando a área de estudo em quatro unidades geoambientais. Eles também destacam que, para a diferenciação entre as áreas, foi considerado o

critério geomorfológico, visto que os demais critérios, a exemplo da geologia, mostraram-se muito semelhantes.

Em trabalho também direcionado para unidade ambiental de uma bacia hidrográfica, Rodrigues e Leite (2018) realizaram o zoneamento ambiental para o córrego Acôgo/MS, com área territorial de 362,7 km<sup>2</sup>. Nesse trabalho, os autores utilizaram geoprocessamento e, mediante adaptação de metodologia pré-existente e a análise dos atributos de geologia, geomorfologia, geomorfometria, pedologia, clima, vegetação, hidrografia e uso e cobertura da terra, geraram os mapas de unidades de paisagem natural, vulnerabilidade ambiental, unidades de paisagem legal e o zoneamento ambiental. Para gerar o mapa de zoneamento ambiental, na escala de 1:100.000, os autores cruzaram os mapas de vulnerabilidade ambiental e de unidades de paisagem legal obtendo quatro zonas ambientais: de conservação, manejo racional, recuperação e regularização.

Os estudos geoambientais, com destaque para o zoneamento, podem ser úteis para subsidiar obras de engenharia. Nesse sentido, destaca-se o trabalho desenvolvido por Ohara *et al.* (2003) os quais desenvolveram um estudo para o alto-médio rio Paraíba do Sul/SP.

Mediante a integração dos atributos de estruturas geológicas, morfoestruturas, unidades fisiográficas, unidades litológicas, unidades geopedológicas e de alteração de cobertura intempérica foi definido o Zoneamento Geoambiental. Segundo o autor anteriormente citado, a definição de áreas com potencial para instalação de obras viárias foi realizada a partir da elaboração da carta de aptidão física.

Della Justina (2009) também utilizou os atributos de fisiografia e morfoestrutura em sua tese de doutorado para o Zoneamento Geoambiental da reserva biológica do Jarú e zona de amortecimento/RO. Essa autora desenvolveu seu trabalho a partir de uma visão sistêmica.

Para a realização de um Zoneamento Geoambiental para o litoral sul do estado de São Paulo, Dias e Oliveira (2013) utilizaram uma perspectiva metodológica da geoecologia da paisagem. Essa proposta metodológica foi executada por esses autores com uma visão sistêmica sobre aspectos físico-naturais e socioeconômicos. Utilizando essa mesma proposta metodológica, Pinton e Cunha (2012) elaboraram um Zoneamento Geoambiental e funcional para a área urbana do município de Cubatão/SP.

Com o objetivo de realizar uma avaliação de adequabilidade dos usos da terra, Pilachevsky (2013) desenvolveu um Zoneamento Geoambiental para o município de São João da Boa Vista/SP. Utilizando uma perspectiva multitemática, essa autora realizou a integração entre os mapas de compartimentação fisiográfica, uso e cobertura da terra e das APPs, gerando o mapa geoambiental em uma escala de 1:50.000.

Adotando método equivalente ao da autora citada anteriormente, Amaral (2014) elaborou o Zoneamento Geoambiental do município de Casa Branca/SP. Esse trabalho foi desenvolvido mediante uma abordagem multitemática e de sobreposição ponderada entre os critérios de fisiografia, geológico-geotécnicos, uso e ocupação das terras, além das APPs. Essa autora realizou o trabalho em uma escala de 1:50.000, identificando quatro unidades geoambientais e caracterizando-as conforme suas potencialidades e suscetibilidades ambientais.

Com uma proposta metodológica equivalente àquelas adotadas pelas duas últimas autoras mencionadas, destaca-se o trabalho desenvolvido por Corrêa *et al.* (2017). Esses autores desenvolveram o Zoneamento Geoambiental do médio vale do rio Paraíba do Sul/SP utilizando uma análise multicritério, mediante a combinação dos mapas de fisiografia e usos e cobertura da terra.

Com o objetivo de realizar um estudo que contribuísse como subsídio ao planejamento ambiental e para o ordenamento do uso e ocupação da terra, Travaline (2012) desenvolveu um Zoneamento Geoambiental para o município de Bertioga/SP por meio da abordagem sistêmica, elaborando o trabalho na escala de 1:50.000. Para desenvolver o trabalho, o autor utilizou atributos como: declividade, dissecação horizontal e vertical do relevo, geologia, pedologia, geomorfologia, uso e cobertura da terra, além de aspectos socioeconômicos. Com isso, o autor determinou o grau de estado geoambiental das unidades em: medianamente estável, instável, crítico e muito crítico.

No Zoneamento Geoambiental do município de Agudo/RS, Schirmer e Robaina (2012a) utilizaram uma abordagem sistêmica sobre os atributos que compõem a paisagem desse município. Esses autores utilizaram, principalmente, os atributos de drenagem, solos, litologias, uso e ocupação da terra e mapa geomorfológico, sendo esses dois últimos atributos usados no cruzamento e definição de quatro sistemas e nove subsistemas geoambientais. Com esse

trabalho, os autores identificaram potencialidades e suscetibilidades ambientais da área de estudo, elaborando o trabalho final em uma escala de 1:50.000.

No Zoneamento Geoambiental do município de Cacequi/RS, Rademann *et al.* (2018) analisaram os atributos de hidrografia, solos, altitudes e declividades e, para a compartimentação das unidades geoambientais, os atributos de formas do relevo, litologias e uso do solo. Esses autores definiram dez unidades geoambientais para sua área de estudo, destacando potencialidades e suscetibilidades ambientais.

No âmbito internacional, conforme pesquisas bibliográficas realizadas pelo autor da tese, observou-se que os trabalhos de cunho geoambiental são raros e, na maioria dos casos, ainda desenvolvidos como zoneamento ambiental.

A exemplo de trabalho desenvolvido em âmbito internacional sobre essa temática, destaca-se Ontivero *et al.* (2008) os quais apresentaram uma proposta metodológica de zoneamento ambiental para a serra de Altomira na Espanha. Esses autores utilizaram os seguintes atributos: usos do solo e Valor do Patrimônio Natural (VPN).

A metodologia utilizada por esses autores deu-se com o uso de SIG e mediante o cruzamento entre os atributos mencionados sendo que, no caso da definição das classes do VPN, também utilizaram cálculos matemáticos. Enquanto resultados, e numa escala de 1:50.000, esses autores compartimentaram a área de estudo em cinco zonas ambientais, as quais foram caracterizadas conforme seus valores ambientais e vocações.

Para o zoneamento ambiental da zona costeira do Departamento do Atlântico na Colômbia, Rodríguez *et al.* (2012) utilizaram os seguintes parâmetros: representatividade dos ecossistemas, grau de intervenção nos ecossistemas, função dos ecossistemas, estado atual da fauna associada, riscos naturais, alteração do equilíbrio hídrico, intensidade de uso, aptidão de uso e conflitos de uso.

Esses autores analisaram os parâmetros mencionados com uso de SIG e de uma análise integrada. Utilizando esses critérios, os autores definiram dez zonas de manejo e quinze zonas ambientais para a área de estudo.

Além das análises convencionais sobre a elaboração de estudos geoambientais, existem métodos automatizados para a realização desses trabalhos. Nesse sentido, pode-se mencionar o trabalho de Zamani *et al.* (2014) os quais abordaram a questão da avaliação e otimização de um Zoneamento Geoambiental

e, para isso, apresentaram a compartimentação de zonas geológicas para o país do Irã.

Nesse trabalho, os autores utilizaram uma análise automatizada em meio computacional (*Automatic Integrated Self-Organized Optimum Zoning – AISOOZ*) mediante uma abordagem multivariada e integrada de atributos geofísicos e geológicos e, desse modo, identificaram treze zonas geológicas para o país em questão. Por fim, os autores mencionados observaram que esse tipo de abordagem proporciona resultados empíricos e objetivos podendo ser aplicada no zoneamento de qualquer entidade e em diferentes contextos e escalas.

Para delimitar zonas funcionais e classificar as unidades de paisagem físico-geográfica na microbacia Potrero da Palmita em Nayarit no México, Carrera e Guerrero (2018) delimitaram trinta e nove unidades de paisagem em escala de 1:10.000. Essas unidades foram geradas pelo SIG e pelo método semiautomatizado e caracterizadas com os atributos de geologia, clima, solos, vegetação, declividade, geomorfologia e dados socioeconômicos.

Além das análises com a finalidade de identificar metodologias e atributos referentes aos estudos geoambientais, também foram feitas algumas análises com o objetivo de identificar hipóteses sobre a temática do Zoneamento Geoambiental.

Com ênfase na fisiografia e na pedostratigrafia, além da observação de demais aspectos físicos, Moraes (2007) realizou o Zoneamento Geoambiental do planalto de Poços de Caldas/MG/SP. Essa autora definiu as zonas geoambientais com base no volume de alteração intempérica associado aos tipos litológicos. As subzonas geoambientais foram definidas a partir da sobreposição das zonas geoambientais com a morfoestrutura e a morfometria.

A autora anteriormente citada ressalta que, além de inédita, essa pesquisa comprova a eficiência da realização de Zoneamento Geoambiental com ênfase na pedostratigrafia e na fisiografia.

Objetivando o Zoneamento Geoambiental do município de Colorado D'Oeste/RO, Lisboa (2008) utilizou uma metodologia fundamentada nos aspectos morfotectônicos e morfoestruturais. Com base nesses aspectos, o autor compartimentou esse município em várias unidades geoambientais compreendidas entre planaltos e planícies.

Além dos aspectos morfotectônicos e morfoestruturais, o autor também considerou outros atributos físico-naturais como vegetação, solos, clima, geologia,

geomorfologia, hidrografia e uso e cobertura da terra. Segundo esse autor, o fato metodológico de considerar a morfotectônica e a morfoestrutura para o mapeamento geoambiental não evidenciou pleno êxito, pois houve dificuldades para a diferenciação dos aspectos morfoestruturais. Na visão dele, os produtos do sensoriamento remoto foram insuficientes e, para a correção desse aspecto, seriam necessários mais trabalhos de campo.

A partir de uma abordagem sistêmica e, portanto, de um método integrado de atributos físico-naturais e socioeconômicos, Sato (2012) realizou o Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém/SP. Entre outras hipóteses levantadas pela autora, ela respondeu à seguinte: os atributos físicos são os limitadores naturais à ação antrópica nesse município? E seus reflexos incidem diretamente no uso da terra?

Por meio de sua pesquisa, a autora anteriormente citada concluiu que apenas em parte essa hipótese pode ser comprovada, pois, em determinadas áreas e mesmo em locais inapropriados, a ação antrópica se faz presente.

Com o propósito de um refinamento de metodologia para o Zoneamento Geoambiental, Schirmer (2015) traz uma importante contribuição. Esse autor propôs um Zoneamento Geoambiental para os municípios da Quarta Colônia/RS pelo uso de geotecnologias, e o cruzamento do atributo uso da terra em relação aos demais atributos físico-naturais (declividade, hidrografia, unidades de relevo, litologia e solos) permitiu ao autor determinar com maior detalhamento as suscetibilidades e potencialidades ambientais da área de estudo.

Analisando os diversos trabalhos apresentados, sobressaem-se a ênfase aos atributos de geomorfologia e uso e cobertura da terra como critérios importantes na definição de sistemas e unidades geoambientais e a ênfase à abordagem sistêmica, ao uso de SIG e geoprocessamento nesses estudos.

Destaca-se que o uso de SIG e geoprocessamento são unanimidade, praticamente, entre todos os autores analisados, até porque ele é um fator indispensável na manipulação e análise dos parâmetros do meio físico. Será com base nesse item da fundamentação teórica que se darão as definições dos parâmetros, bem como dos cruzamentos multicritérios a serem utilizados na tese.

## 2.4 A ABORDAGEM SISTÊMICA NOS ESTUDOS GEOAMBIENTAIS

Quando queremos compreender um ambiente, seja uma bacia hidrográfica ou uma área territorial qualquer, devemos partir do pressuposto de que os atributos que o compõem estão integrados. Nesse sentido, o correto é que compreendamos os atributos desses ambientes por meio de uma visão sistêmica.

Primeiramente, deve ser destacado que a definição do conceito de sistema pode ser dada como um ato mental de cada indivíduo (CHRISTOFOLETTI, 1979). De acordo com esse autor, o entendimento acerca da abrangência desse conceito varia de acordo com a escala, ainda podendo identificá-lo como sistema ou subsistema. Nesse sentido, acerca da definição do conceito, Thornes e Brunnsden (1977, p. 1) apresentam, entre outras, a seguinte definição: “um operador que, em determinado lapso de tempo, recebe o *input* e o transforma em *output*”.

Christofoletti (1979, p. 7-8), quando explica o fornecimento de matéria e energia aos sistemas bacias hidrográficas, e nesse caso pode-se generalizar para outros contextos, afirma que:

são os relacionados com a quantidade de calor (expressa pela temperatura), de precipitação (chuvas, neves, etc.), área e volume dos afloramentos litólicos, área e densidade da cobertura vegetal, profundidade do manto de alteração e outros mais.

Ainda de acordo com Chistofoletti (1979, p. 15), os sistemas podem ser classificados em diversos tipos. Tomando como exemplo a área territorial de um município, devemos defini-lo como um sistema aberto, ou seja, “aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo”.

Geralmente, quando utilizamos a análise sistêmica, adotamos os conceitos de sistema e subsistema, mas há o emprego de outros termos, como geossistemas. Para Sotchava (1977), um geossistema pode ser caracterizado como formações naturais que também são influenciadas por fatores econômicos e sociais. Troppmair e Galina (2006, p. 82) caracterizam esse conceito como:

[...] uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica.

Segundo os mesmos autores, o estudo dos geossistemas vem ganhando notoriedade, pois ele tem como objetivos “a conservação, o uso racional e o desenvolvimento do espaço geográfico beneficiando toda biosfera, em especial, a sociedade humana” (TROPMAIR; GALINA, 2006, p. 82).

Vicente e Perez Filho (2003), discutindo a análise sistêmica na geografia, afirmam que esse tipo de análise é o resultado do avanço das ciências. Segundo esses autores:

Trata-se do próprio delineamento de uma proposta de cunho multidisciplinar que transcende o ambiente físico-químico ou sociocultural *stricto sensu*, buscando a complexidade do ambiente percebido pelo Homem como o verdadeiro espaço para a necessária interação entre aplicação/compreensão, onde o ambiente e sua complexidade nos re-ensina a apreendê-lo como um todo, abrangendo relações físicas, químicas, biológicas e socioculturais. (VICENTE; PERES FILHO, 2003, p. 331)

Na visão desses autores, a abordagem sistêmica faz sentido diante da necessidade que se apregou nos últimos tempos, ou seja, do entendimento do todo.

O paradigma sistêmico na Geografia insere-se na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes socioeconômicos e naturais no *conjunto* de sua organização espaço-temporal, sendo neste contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade. (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 334-335)

Além dessas colocações, Vicente e Perez Filho (2003) também consideram que a abordagem sistêmica se trata de uma nova demanda sociocultural. Tanto que, no atual momento, o estudo dos geossistemas, sistemas ou subsistemas faz-se necessário por meio da integração de elementos. Nesse sentido, destacam-se Troppmair e Galina (2006, p. 87), pois esses autores consideram que:

No momento em que na maior parte da superfície terrestre se verifica o caos na organização do espaço com degradação acentuada do meio ambiente, desertificação, redução e poluição dos recursos hídricos, desmatamentos, urbanização caótica, desequilíbrios sociais e econômicos, redução da qualidade de vida, o estudo dos Geossistemas, através da integração de seus elementos, oferecendo visão e ação holística, adquire importância fundamental para um planejamento correto da utilização e organização do espaço, ou seja, para a Ciência Geográfica.

Limberger (2006, p. 97), ao abordar essa temática e sua complexidade na ciência geográfica, compactua com a ideia de que “esta nova abordagem não veio com o intuito de destituir tudo o que existia a respeito de métodos de investigação da ciência, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade”.

Portanto, a partir dessas abordagens, observa-se que os estudos direcionados à análise ambiental devem convergir para uma visão integrada dos diversos atributos do ambiente físico e socioeconômico. Nesse sentido, destaca-se a análise sistêmica sobre o que os autores mencionados no presente item denominam de sistemas, subsistemas e ou geossistemas.

## **2.5 USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG), SENSORIAMENTO REMOTO E DE GEOPROCESSAMENTO NO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL**

Conforme observado em Câmara *et al.* (2001), existe uma diferença básica entre os conceitos de geoprocessamento e de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). O termo geoprocessamento “denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”, enquanto os SIGs “permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos” (CÂMARA *et al.*, 2001, p. 1).

De modo a apresentar uma diferenciação mais simples entre esses conceitos, pode-se afirmar que os SIGs se referem aos *softwares* e informações geográficas, enquanto geoprocessamento são as técnicas desenvolvidas para operar as informações geográficas com o uso de *softwares*.

Acerca do conceito de sensoriamento remoto, e tomando as palavras de Florenzano (2008, p. 31), ele pode ser definido como:

[...] a tecnologia de aquisição, a distância, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites). O sensor capta a energia (radiação eletromagnética) refletida ou emitida pela superfície em diferentes compartimentos de onda ou frequência.

A respeito do uso de SIG e do sensoriamento remoto para estudos ambientais, Kunar (2014, p. 36) considera que:

*GIS are furnishing new tools for analytical and descriptive subjects. Remote Sensing (RS) are also important for GIS database development because it provides spatial information that can be incorporated directly into GIS. These modern techniques may be use in environmental planning, disaster management, environmental impact assessment and monitoring.*

Com ideias equivalentes às mencionadas pelo autor anteriormente citado a respeito da importância do SIG, Fitz (2008) considera que as geotecnologias, quando utilizadas corretamente, podem contribuir para resultados satisfatórios em diversos projetos, como os de planejamento, gestão e o manejo do espaço.

Segundo o autor referenciado anteriormente, as geotecnologias proporcionam:

[...] avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão e em tantos outros aspectos relacionados à questão espacial. Os SIGs – Sistemas de Informações Geográficas, as técnicas de Geoprocessamento, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Posicionamento por Satélite podem ser apontados como os principais exemplos de ferramentas geotecnológicas. (FITZ, 2008, p. 310)

Ainda de acordo com Fitz (2008), a quantidade de ferramentas disponibilizadas nos últimos tempos, com relação a *softwares* e SIGs, oportunizam um leque de oportunidades jamais experimentadas. Segundo esse autor:

O emprego do ferramental e de produtos geotecnológicos atualmente disponibilizados aparentemente supre diversas das lacunas até então existentes. A escassez de recursos para aquisição de dados e equipamentos já não pode ser encarada como um obstáculo inibidor de possíveis intervenções no espaço geográfico. Este espaço, aliado à linha metodológica empregada, condicionará o preparo, a organização e o gerenciamento da ação implementada facilitando sobremaneira o trabalho dos planejadores bem como o processo de tomada de decisão. (FITZ, 2008, p. 313)

O uso de SIGs e das técnicas de geoprocessamento, a partir da estruturação prévia de banco de dados geográficos, é indispensável para a execução de um Zoneamento Geoambiental. Com o uso desses meios, é possível, por exemplo, realizar sobreposições e também o cruzamento entre atributos geográficos e, desse modo, viabilizar a extração de informações ambientais integradas.

Nesse sentido, pode-se mencionar Ontivero *et al.* (2008, p. 253), pois, segundo esses autores:

*El modelado espacial en el entorno de los SIG facilita la consideración simultánea de múltiples variables y sus interacciones de cara a comprender el funcionamiento del territorio como un todo y, fundamentalmente, a la evaluación y planificación del mismo.*

Acerca do uso de SIG nos estudos de zoneamento ambiental, outros autores também contribuem com ideias equivalentes a essa. Nesse sentido, destaca-se Rodrigues *et al.* (2012, p. 71), pois, segundo esse autor:

*El uso de los SIG como herramienta de soporte em el proceso de zonificación ambiental ofrece ventajas destacables como son la homogeneización e integración de toda la información disponible en una base de datos geográfica, facilidad de acceso a los datos, generación de cartografía temática y uso de herramientas de análisis espacial tipo distancias, áreas, interpolaciones, buffer, entre otros.*

Os SIGs e o geoprocessamento, ao mesmo tempo que oportunizam o cruzamento de diversos atributos, também propiciam um refinamento desses dados. Esses instrumentos, as técnicas e os estudos geoambientais complementam-se, pois propiciam:

[...] conhecer as propriedades e atributos dos elementos físicos e bióticos da paisagem, possibilitando avaliar as potencialidades e limitações de cada componente, com base nas ofertas ecológicas apresentadas, como planejar o uso e manejo dos recursos disponíveis com base na realidade local [...]. (CALDERANO FILHO *et al.*, 2010, p. 70)

Na visão de Silva (2009), apoiados em SIGs, os estudos ambientais ganham maior complexidade e uma enorme aplicabilidade. Esse mesmo autor, referindo-se a zoneamentos ambientais, salienta que:

Zoneamentos ambientais, com base nas múltiplas características ambientais, estas naturalmente convergentes em cada local para a definição da situação ambiental em análise, podem ser executados em SIGs. Identificação de agrupamentos espaciais (*clusters*) pode ser executada com apoio em generalizações (desconsideração de ocorrências de menor porte, agregações de manchas por critérios de tamanho e proximidade), gerando zoneamentos metodicamente, isto é, a partir de critérios reproduzíveis e explicitados. (SILVA, 2009, p. 412)

É necessário também destacar que as técnicas de geoprocessamento para manuseio de SIGs, além de multiplicarem as possibilidades de análise sobre os

atributos geográficos, também diminuem o tempo e o custo para gerar e organizar esses atributos.

Exemplo de trabalho com uso de SIG, *softwares* e técnicas de geoprocessamento podem ser creditados a Silveira (2010). Com o emprego de métodos de tabulação cruzada e de redes neurais artificiais, esse autor elaborou unidades preliminares de mapeamento de solos para a bacia hidrográfica do rio do Corvo localizada no município de Pinhais/PR.

Para atender ao objetivo do trabalho, Silveira (2010) utilizou atributos topográficos primários e secundários, além do atributo geomorfologia. Quanto aos atributos topográficos primários, o autor utilizou hipsometria, declividade, plano e perfil de curvatura; e quanto aos secundários, foram utilizados índice de corrente de máximo fluxo, índice de umidade e o índice de capacidade de transporte de sedimentos.

Em trabalho que teve como objetivo realizar o levantamento e prognóstico das áreas degradadas da cidade de São Carlos/SP, Pons e Pejon (2008) utilizaram geoprocessamento e SIG com destaque para o *software* Spring 4.2. Nesse trabalho, os autores observaram que:

As ferramentas disponibilizadas pelo Spring 4.2 permitiram sobrepor os diferentes atributos inseridos em tabelas e nos documentos cartográficos (caracterização do meio físico, ocupação urbana) e, com isso, agilizaram as análises e promoveram conclusões mais precisas a respeito do meio físico da cidade de São Carlos. Além disso, também se observou que o Sistema de banco de dados do Spring 4.2 permite que usuários menos especializados possam realizar as consultas de forma fácil e dinâmica e obtenham os resultados desejados. (PONS; PEJON, 2008, p. 300)

Assim como os autores anteriormente citados consideraram em seu trabalho, o uso do SIG Arcgis também permite essas técnicas, inclusive com a disponibilização de um cabedal maior de ferramentas.

Com relação ao sensoriamento remoto no Zoneamento Geoambiental, observa-se seu uso para muitas análises. Esse aspecto é notório nos trabalhos sobre a temática geoambiental apresentados no capítulo, pois nota-se que praticamente todos os autores o utilizam, sobretudo, para a análise dos usos e coberturas da terra e na identificação dos processos das morfodinâmicas do relevo.

A partir dessas análises e de acordo com as ideias de Fitz (2008), observa-se que, no tempo atual, não é mais possível qualquer tipo de intervenção no espaço

sem o uso de geotecnologias. Inclusive, destacando-se mais um fator positivo das geotecnologias, e nas palavras desse autor citado anteriormente, não há limites quanto ao uso das geotecnologias.

Nesta pesquisa, o uso de SIG, de geoprocessamento e de sensoriamento remoto serão indispensáveis. A partir deles, serão organizados e gerados variados produtos cartográficos e informações correlatas, podendo-se destacar, no presente caso, o cruzamento entre os diferentes atributos do ambiente físico na caracterização e Zoneamento Geoambiental de Canguçu.

## **2.6 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA**

Nos estudos de Zoneamento Geoambiental, muitos trabalhos adotam o produto da compartimentação geomorfológica como principal parâmetro de cruzamento em relação aos demais critérios, como foram os casos de Maia (2005), De Nardin (2009), Trentin (2011), Travaline (2012), Schirmer e Robaina (2012b), Cabral (2014), Scoti (2015) e Schirmer (2015).

Existem muitas metodologias de abordagem do relevo, sendo que as referências clássicas sobre essa temática podem ser creditadas a Ab'Saber (1969), Caseti (2005a; 2005b; 2005c) e Ross (1992).

Ab'Saber (1969) propõe a abordagem do relevo, fundamentalmente, em três níveis taxonômicos, quais sejam: o da compartimentação topográfica, da estrutura superficial e, por último, da fisiologia da paisagem.

O primeiro nível, da compartimentação topográfica, corresponde à divisão das formas do relevo como, por exemplo: em planícies, colinas, morrotes e morros. A estrutura superficial corresponde aos tipos de depósitos existentes em cada uma dessas formas de relevo destacadas, de modo a identificar a origem e a evolução dessas mesmas formas. Já o último nível, da fisiologia da paisagem, corresponde aos processos atuais que ocorrem sobre essas formas de relevo (AB'SABER, 1969).

Essa mesma metodologia de abordagem do relevo foi analisada, posteriormente, por Caseti (2005a; 2005b; 2005c), apresentando um aprofundamento da proposta. Esse autor explica a compartimentação topográfica como:

[...] a individualização de um conjunto de formas com características semelhantes, o que leva a se admitir que tenham sido elaboradas em determinadas condições morfogenéticas ou morfoclimáticas que apresentem relações litoestratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectodinâmicos. (CASSETI, 2005a, p. 2)

Quanto à estrutura superficial, ela pode ser compreendida como:

[...] detritos superficiais ligados a determinadas formas de transportes, em condições morfogenéticas específicas. É também denominada de depósito de cobertura elaborado por agentes morfogenéticos sob uma determinada condição climática, presente nos diferentes compartimentos topográficos. (CASSETI, 2005b, p. 2)

Dessa ideia, depreende-se que o nível da estrutura superficial diz respeito não necessariamente aos depósitos litificados, mas aos depósitos correlativos mais recentes. Seguindo a proposta de Ab'Saber (1969), destaca-se a fisiologia da paisagem, a qual pode ser apreendida quanto:

[...] ao estudo da situação do relevo atual, fruto das relações morfodinâmicas resultantes da consonância entre os fatores intrínsecos, ou seja, inerentes ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, dando ênfase ao uso e ocupação do modelado enquanto interface das forças antagônicas. (CASSETI, 2005c, p. 1)

Esse último nível de tratamento do relevo, por considerar o seu uso e ocupação, leva em conta a ação antrópica. Por se tratarem de morfodinâmicas do relevo, os trabalhos de campo são indispensáveis para compreender esse nível de abordagem do relevo.

Com uma metodologia mais minuciosa e adequada aos padrões do relevo brasileiro, Ross (1992) apresenta uma metodologia para a compreensão dos níveis da compartimentação topográfica e da fisiologia da paisagem com base na fisionomia do relevo. De acordo com esse autor, o relevo pode ser estudado seguindo uma hierarquia de níveis taxonômicos. O primeiro nível taxonômico dessa proposta corresponde às morfoestruturas do relevo, e a segunda taxonomia corresponde às unidades morfoesculturais encontradas em cada unidade morfoestrutural, portanto trata-se de uma unidade com taxonomia maior do que a primeira.

As unidades morfoestruturais estão predominantemente relacionadas aos fatores internos da terra (morfotectônica), já as unidades morfoesculturais têm uma identidade predominante com os fatores externos da terra (MESCERJAKOV, 1968).

Seguindo a proposta metodológica de Ross (1992), discute-se o terceiro nível taxonômico que se refere aos padrões de formas semelhantes do relevo. Exemplificando essa taxonomia, podem-se citar padrões de relevo em planícies, colinas, morrotes e morros. O quarto nível taxonômico proposto pelo autor em discussão corresponde às unidades de relevo individualizadas, as quais são identificadas em cada um desses padrões de formas semelhantes.

O quinto nível taxonômico da metodologia de Ross (1992) corresponde aos tipos de vertentes de cada uma dessas unidades de relevo do quarto táxon, as quais podem ser caracterizadas em perfil (côncavas, convexas e retilíneas) e em plano (convergentes, divergentes e retilíneas).

O último nível taxonômico dessa metodologia corresponde às morfodinâmicas do relevo. Entre elas, pode-se destacar as formas em sulcos, ravinas e voçorocas.

Como mencionado anteriormente, as metodologias propostas por Ab'Saber (1969), Casseti (2005a; 2005b; 2005c) e Ross (1992) são muito usadas nos estudos geomorfológicos. Nesse sentido, as metodologias analógicas para a compartimentação do relevo ainda são muito usadas, o que contribui para resultados subjetivos.

Diante dessa realidade e da necessidade de gerar resultados objetivos, destacam-se técnicas de compartimentação do relevo com uso maciço de SIG e de técnicas de geoprocessamento. Nisso destacam-se Silveira *et al.* (2014), os quais, para a identificação de unidades do relevo do estado do Paraná, utilizaram SIG e, com uso da árvore de decisão, realizaram um cruzamento entre os atributos de declividade, plano de curvatura das vertentes e acumulação de fluxo. Com esse trabalho, os autores obtiveram dezoito classes de relevo para a área de estudo e consideraram o parâmetro da declividade um atributo importante na distinção das classes de relevo.

Para a compartimentação do relevo do município de Toropi/RS, Schirrmann *et al.* (2016) destacam as técnicas de geoprocessamento e SIG, pois, com elas, e usando os elementos de hipsometria, declividade e amplitude das vertentes, os autores obtiveram, com eficiência e precisão, cinco unidades de relevo para sua área de estudo.

A partir de análise automatizada do relevo, Trentin e Robaina (2016) realizaram a classificação geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Ibirapuitã, no estado do Rio Grande do Sul. Com uso de árvore de decisão e a respectiva hierarquização e cruzamento dos elementos de altitude, declividade, plano e perfil de curvatura das vertentes do relevo, os autores obtiveram doze unidades de relevo para sua área de estudo.

Para a definição dos padrões de formas semelhantes do relevo de área que compreende uma região do planalto de Poços de Caldas/MG/SP, Tinós *et al.* (2014) utilizaram os atributos de declividade, amplitude local e perfil do relevo. Mediante uso de SIG e soma desses atributos, os autores definiram oito classes de relevo para a área de estudo. Também consideraram os parâmetros da declividade e da amplitude local, mais importantes para o processo de compartimentação do relevo.

Na compartimentação geomorfológica de unidades do relevo de duas regiões situadas no noroeste e no centro do estado do Paraná, Gomes *et al.* (2016) utilizaram os atributos de declividade, índice de posição topográfica e acumulação de fluxo. E por meio de SIG, árvore de decisão e de classificação automatizada, esses autores definiram catorze unidades de relevo para as suas áreas de estudo e consideraram os atributos mencionados e, eventualmente, a hipsometria, importantes parâmetros para representar as unidades morfológicas.

Para a compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do arroio Carijinho, no estado do Rio Grande do Sul, Furlan *et al.* (2018) empregaram parâmetros de altitude, declividade e plano de curvatura das vertentes. O uso de SIG e da hierarquização desses elementos em árvore de decisão permitiram aos autores compartimentar a área de estudo em oito unidades geomorfológicas.

Silveira e Silveira (2016), a partir de dados e análises geomorfológicas realizaram a cartografia da porção central da serra do mar paranaense referente ao quarto e ao quinto níveis taxonômicos da proposta de Jurandir Ross. Utilizando atributos de hipsometria, declividade, plano de curvatura das vertentes, acumulação de fluxo, índice topográfico de umidade, índice de posição topográfica e com o uso de SIG e álgebra de mapas, os autores definiram treze unidades de relevo para a área de estudo.

Utilizando dados geomorfológicos e de SIG, Bortolini *et al.* (2017) realizaram a compartimentação das formas do relevo referentes ao quarto nível taxonômico da proposta de Jurandir Ross para a área de estudo, localizada na região sudoeste do

estado do Paraná. Para atingir o objetivo, os autores utilizaram as variáveis de amplitude altimétrica e de declividade, definindo, pela técnica de álgebra de mapas, seis formas de relevo para a área de estudo. Os mesmos autores consideraram que, apesar de haver algumas distorções entre os limites das formas mapeadas, as técnicas e os parâmetros utilizados foram satisfatórios para o mapeamento do nível taxonômico destacado.

Uma proposta de compartimentação do relevo que se apresenta como auxílio na análise geomorfológica é a metodologia do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) do relevo. Segundo Sampaio e Augustin (2014, p.51), ela:

[...] possibilita a identificação de unidades morfologicamente homogêneas no que se refere à dissecação, para qualquer área independentemente do técnico operador, das escalas ou do tipo de materiais cartográficos de apoio, somente tendo como requisito para sua obtenção o Modelo Digital de Elevação.

Com emprego da metodologia do ICR, pelo parâmetro da declividade, Bastos Júnior *et al.* (2015) compartimentaram o relevo do município de Nossa Senhora da Glória/SE, em cinco classes. Utilizando essa mesma metodologia, Flores e Oliveira (2016) realizaram a compartimentação do relevo para a análise de bacias hidrográficas e dos lineamentos estruturais no município de Guarapuava/PR.

Referente a metodologias recentes de compartimentação do relevo, pode-se citar Robaina *et al.* (2016), pois esses autores são pioneiros no uso da proposta dos *geomorphons* na compartimentação do relevo no Brasil. A partir do uso dessa proposta metodológica, os autores em discussão definiram sete compartimentos de formas de relevo para o estado do Rio Grande do Sul.

Utilizando essa mesma proposta metodológica, Robaina *et al.* (2017) também realizaram a compartimentação do relevo do estado do Tocantins. Nesse trabalho, os autores definiram treze elementos de formas de relevo para o estado em questão.

Empregando a proposta dos *geomorphons*, Silveira *et al.* (2018) realizaram a classificação do relevo do estado do Paraná. Esses autores atenderam ao terceiro nível taxonômico da proposta de Jurandir Ross identificando nove classes de elementos do relevo desse estado e consideraram a proposta em questão exequível, especialmente quando aplicada em relevos com bastante heterogeneidade de formas.

Com a mesma proposta, Silveira e Silveira (2018) compartimentaram os elementos do relevo da bacia hidrográfica do rio Jacareí, no estado do Paraná, em nove classes.

Conforme visto no item, os autores que adotam técnicas de SIG e geoprocessamento na compartimentação do relevo destacam a objetividade dos resultados e também um maior detalhamento dos compartimentos de relevo. Essas metodologias, em especial o índice de concentração de rugosidade, a técnica dos *geomorphons* e a compartimentação geomorfométrica, serão utilizadas na compartimentação do relevo do município de Canguçu e na respectiva análise geomorfológica.

## CAPÍTULO 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo apresenta os procedimentos adotados para chegar ao Zoneamento Geoambiental da área de estudo. Ao tratar da técnica no processo de produção científica e procurando diferenciá-la do método, Venturi (2005, p. 13) enfatiza que:

Se o método, que dispõe de fundamentação teórica, auxilia o sujeito na organização de seu raciocínio, as técnicas, por sua vez, auxiliam-no na organização das informações que o subsidiarão. Se teoria e método são processos desenvolvidos no plano do *pensar*, a técnica desenvolve-se no plano do fazer.

Os parâmetros e as técnicas usadas para gerar os produtos cartográficos da tese, além dos critérios para os cruzamentos entre os diferentes parâmetros são apresentados.

### 3.1 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS E LEVANTAMENTO DE DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

As referências bibliográficas sobre a temática geoambiental foi realizado através de pesquisas em *sites* de revistas nacionais e internacionais, além de buscas no portal de periódicos da CAPES, bem como em *sites* de programas de pós-graduação de universidades brasileiras. A Figura 4 apresenta uma síntese com as informações e bases cartográficas usadas na tese.

Para todos os procedimentos de SIG e de técnicas de geoprocessamento usados na tese, fez-se uso do *software* ArcGIS 10.5 disponível no laboratório de geologia ambiental LAGEOLAM-UFSM.

Figura 4: Informações utilizadas na operacionalização da pesquisa.

Dados/atributos	Fonte
Informações socioeconômicas e históricas do município	Instituto de Geografia e Estatística (IBGE); Fundação de economia e Estatística (FEE); Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); Empresa de Assessoria Técnica Rural (EMATER-Canguçu); Prefeitura Municipal de Canguçu (PMC).
Cartografia de Base	Hasenack e Weber (2010), Escala de 1:50.000 e IBGE (2015), Escala de 1:250.000.
Litologias	Serviço de Prospecção de Recursos Minerais (CPRM, 2008), Escala de detalhamento: 1:50.000; Escala de representação 1:750.000.
Solos	IBGE – 2013, Escala de 1:1.000000.
Relevo	<i>Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)</i> , Resolução espacial de 90 metros.
Hidrografia	Secretaria do Meio Ambiente/RS, (SEMA-2018), Escala de 1:25.000.
Usos e coberturas da terra	Os usos e coberturas da terra foram cartografados a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Realizou-se o Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite de média resolução espacial (10 metros), mediante a elaboração de composição colorida com as bandas (4/3/2/8, composição colorida natural) de 16 bits, classificação digital supervisionada, além da realização de interpretação de imagens de alta resolução espacial (1m) e trabalhos de campo. Na realização desse mapeamento, as imagens foram obtidas do satélite Sentinel 2B, sensor MSI, disponibilizadas no site da NASA.
Ocupação	PMC-2008, escala de 1:75.000; INCRA e EMATER-Canguçu.

Organização: O autor, 2021.

### 3.2 DADOS DO CLIMA

O entendimento das características do clima da área de estudo é importante no sentido de contribuir para a compreensão dos processos morfogênicos e pedogênicos de ocorrência nessa área. A análise desse atributo contribui para compreensão dos períodos do ano em que os referidos processos podem ser mais e menos atuantes.

Ao tratar das questões climáticas, Tavares (2012, p. 49) explica que “é a intensidade dos episódios pluviais que propicia a erosão do solo ou comanda a abertura da comporta das barragens”.

A análise das características climáticas da área de estudo foi desenvolvida com base em dados e estudos realizados para a região. A estação agroclimatológica do Capão do Leão/RS é uma importante fonte de informações, pois disponibiliza dados acumulados ao longo de uma série histórica de 30 anos.

Nesse sentido, e considerando esse atributo importante na caracterização geoambiental, os dados da normal climatológica analisados na pesquisa foram de temperatura e precipitação.

### **3.3 HIDROGRAFIA**

A hidrografia é um importante atributo a ser analisado na caracterização geoambiental. Ela responde a formação litológica existente em cada ambiente, de modo que podemos caracterizá-la quanto ao padrão e o tipo de drenagem.

Outro parâmetro importante de análise da hidrografia é a densidade de drenagem, ou seja, quanto maior, mais elevado é o índice de dissecação do relevo e vice-versa.

Acerca desse atributo, primeiramente, foi construído o mapa das bacias hidrográficas para o qual levou-se em consideração a nomenclatura dos cursos fluviais proposta pela Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA/RS-2018). Seguindo essa informação, foram identificadas, na área de estudo, cinco bacias hidrográficas e trinta e uma sub-bacias. Considera-se essa metodologia (da nomenclatura oficial) pertinente aos objetivos da pesquisa, além do significado social das bacias e sub-bacias hidrográficas para a população local.

Na elaboração do mapa das bacias e sub-bacias hidrográficas, com a ferramenta *Editor*, definiu-se os limites desses parâmetros a partir da observação da rede de drenagem e das curvas de nível.

### **3.4 PEDOLOGIA E LITOLOGIAS**

Os atributos de solos e litologias são importantes parâmetros utilizados nos estudos ambientais, pois a eles respondem muitos outros, como a hidrografia, usos, coberturas e ocupações da terra. Portanto, conhecê-los é estabelecer uma pré-definição a outros parâmetros do ambiente físico e socioeconômico.

Ao tratar do levantamento de mapa de solos, informação que também pode se atribuir ao mapa de litologias, Palmieri e Larach (2010, p. 61) destacam que:

Para elaboração de mapas de solos autênticos ou originais são indispensáveis a verificação dos solos na sua ambiência, análises laboratoriais e trabalhos de gabinete, os quais consistem na transformação dos dados em informações úteis para utilização dos mapas de solos.

Na tese, como suporte para a definição dos mapas de litologias e principalmente dos solos, fez-se uso de dados pré-existentes e técnicas cartográficas, além da realização de trabalhos de campo.

Em campo, observando o relevo e perfis pedológicos, foram tidas as características morfológicas dos solos, como, por exemplo, a cor, textura, espessura, estrutura e horizontes. Concomitante a isso, também se analisaram as estruturas rochosas mediante a observação de estratificações, fraturas e camadas. Durante a etapa das observações *in loco*, fez-se uso de equipamentos como o Sistema de Geoposicionamento por Satélite (GPS) e máquina fotográfica.

Para as litologias, foi utilizado como referência básica a base litoestratigráfica da CPRM (2008). Para o mapa de solos, foi tomado como referência básica a base pedológica do IBGE (2013). A fim de um refinamento desse atributo sobre a referência básica, foi sobreposto o gradiente do relevo. Assim, todas as áreas com declividades inferiores a 2%, junto a drenagem, consideraram-se como solos com hidromorfismo, enquanto as relacionadas aos Planossolos e aquelas áreas com declividades superiores a 15% foram relacionadas aos solos mal desenvolvidos ou Neossolos litólicos. As áreas com declividades compreendidas no intervalo maior que 2% e menores que 15% prevaleceu a definição do mapa base, destacando-se que esses procedimentos foram precedidos por observações de campo.

Para a análise e descrição desse atributo, também foram tomados como referências o estudo de Brasil (1973), que fez o levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul; o estudo elaborado por Streck *et al.* (2018) sobre os solos desse mesmo estado e o estudo dos solos do município de Canguçu realizado por Cunha *et al.* (1997).

### **3.5 LITOPEDOLOGIA**

Para a geração do mapa litopedológico da área de estudo, utilizaram-se de técnicas de geoprocessamento. Através da ferramenta *Union*, foram criados grupos de classes litológicas e pedológicas. Com as litologias se procederam da seguinte forma: grupo dos Metagranitoides inclui as litologias do Complexo Alcalino Poços de

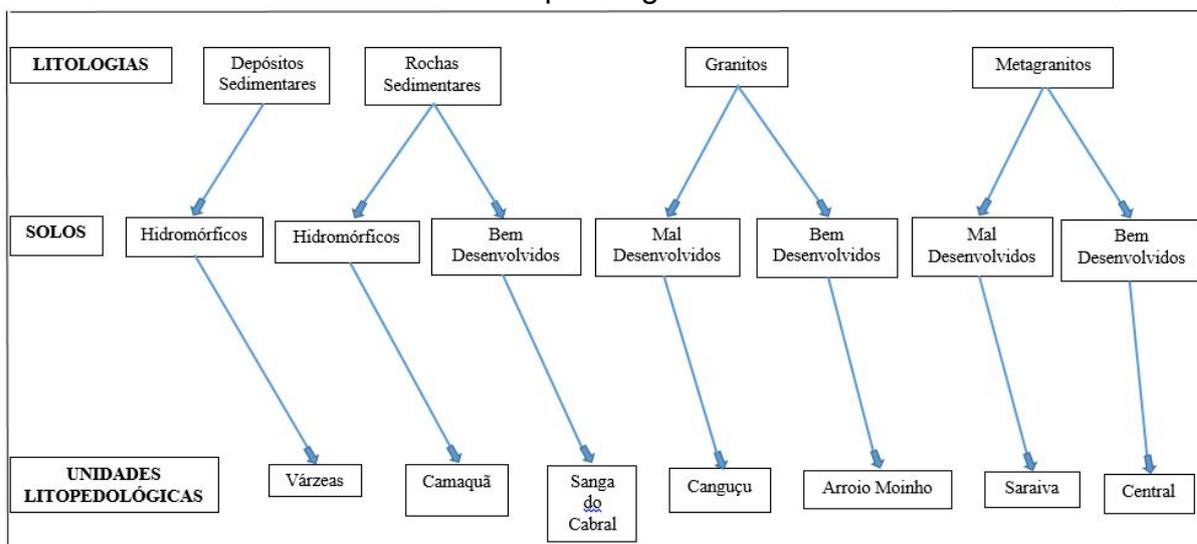
Caldas; Suíte Intrusiva Pinheiro Machado SIPM — unidades Granitoides Migmatizados e Metagranitoides Foliados. Grupo dos Granitoides inclui as litologias da Suíte Granítica Dom Feliciano — Fácies Serra do Herval e Cerro Grande; Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul; Suíte Granítica Cordilheira e Suíte Intrusiva Viamão — Granito Arroio Moinho.

As Rochas Sedimentares da Formação Sanga do Cabral constituíram o grupo denominado Sedimentares; ao passo que os Depósitos Recentes de Planície de Inundação e os Depósitos Elúvio-Coluvionares constituíram o grupo denominado Depósitos.

Com as classes de solos se procederam da seguinte forma: grupo dos Neossolos litólicos forma o grupo denominado solos mal desenvolvidos (aqueles que do ponto de vista pedogenético não desenvolvem o perfil B); Argissolo vermelho-amarelo, amarelo e Luvisolo crômico formam o grupo dos solos desenvolvidos (aqueles que desenvolvem perfis pedogenéticos A e B); e Planossolos e Gleissolos háplico formam o grupo dos solos denominados hidromórficos.

Através da ferramenta *Union*, fez-se a combinação entre os grupos pedológicos e litológicos definidos anteriormente determinando sete unidades litopedológicas (Figura 5). Estas unidades foram nomeadas a partir de toponímias conhecidas na região, nomes que dão identidade a essas unidades, mesmo critério usado com as unidades geomorfológicas e geoambientais.

Figura 5 – Fluxograma com as etapas para a cartografia das unidades litopedológicas



Organização: O autor, 2021.

### **3.6 GERAÇÃO DE SUBPRODUTOS PARA O ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL**

Foram gerados os mapas hipsométrico, de declividade, orientação, plano e perfil de curvatura do relevo. Todos esses produtos cartográficos foram gerados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM.

O MDE foi gerado por meio das imagens SH-22-Y-A, SH-22-V-D, SH-22-Y-C e SH-22-Y-D, a partir das quais se procedeu a realização de mosaico. Posteriormente, mediante a extração por máscara, foi definido o MDE para a área de estudo.

#### **3.6.1 Mapas hipsométrico e de declividade**

Considerando intervalos de altitude representativos para a área de estudo e observando o histograma de frequência e o desvio padrão do MDE, o mapa hipsométrico foi dividido em cinco classes: 28 – 100; 100 – 200; 200 – 300; 300 – 400; 400 – 509 metros. Nas propriedades do MDE e acessando a ferramenta de classificação, atribuiu-se o número de classes desejadas. Posteriormente, a fim de organizar as informações para efetuar o cálculo de área, no *ArcToolbox*, acessa-se a ferramenta *Reclass* e se produz a reclassificação do MDE.

Quanto ao mapa de declividade, o mesmo foi dividido em quatro classes: 0 – 2; 2 – 5; 5 – 15; e >15%. As classes com declividades entre 0 – 2% constituem as áreas planas; classes com declividades entre 2 – 5% formam as áreas levemente onduladas; declividades entre 5 – 15% constituem as áreas consideradas limites para o emprego de máquinas agrícolas, e as declividades maiores que 15% constituem as vertentes que formam padrões de relevo predominantemente em morros; portanto, inapropriadas para uso de máquinas agrícolas.

#### **3.6.2 Mapas de orientação e curvatura do relevo em plano e perfil**

A definição do tipo de orientação das vertentes do relevo é um fator importante para conhecermos as características de insolação do ambiente. Esse conhecimento pode contribuir, por exemplo, na escolha do tipo de produto agrícola mais adequado para uma determinada vertente do relevo. Para a tese, este

parâmetro foi determinado nos sentidos: plano, sul, norte, oeste, leste, noroeste, sudoeste, nordeste e sudeste.

Os tipos de vertentes do relevo são parâmetros necessários para conhecermos os processos que podem ocorrer em um ambiente. Tratando-se da sua classificação em plano, temos as vertentes convergentes e divergentes, e quanto ao perfil, côncavas e convexas.

Quanto ao plano de curvatura das vertentes, corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e foram obtidos a partir do MDE por meio do emprego do polinômio de Zevenbergen e Thorne (1987).

A classificação da curvatura das vertentes, tanto em plano quanto em perfil, foi obtida com o uso de SIG e através da análise do histograma de frequência das imagens. De acordo com Valeriano (2003), tratando-se do perfil de curvatura, as vertentes retilíneas têm valor nulo, as côncavas têm valores positivos e as convexas têm valores negativos. No entanto, vertentes retilíneas são muito raras na natureza, o que leva os valores a pertencer ao valor negativo ou positivo.

Para a classificação das vertentes, de acordo com o plano de curvatura, a metodologia é semelhante à do perfil, sendo que os valores positivos representam as vertentes divergentes, e os negativos, as convergentes.

Com base nessas observações metodológicas, foram gerados os mapas em perfil e plano de curvatura das vertentes do relevo da área de estudo.

### **3.7 ANÁLISE E COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA**

Ao abordar a questão do relevo no quadro ambiental, Ross (2014, p. 9) traz uma importante definição sobre esse atributo, pois, para esse autor:

Nada existe de tão concreto na natureza como o conjunto heterogêneo das formas que compõem a superfície da Terra a que se denomina relevo. Entretanto, a percepção do concreto que melhor se associa àquilo que tem massa e forma própria, não se aplica especificamente ao relevo, pois este se concretiza através da geometria que suas formas apresentam. Desse modo, o relevo é algo concreto quanto às formas, mas abstrato enquanto matéria. O modelado se concretiza pelas diferenciações locais e regionais da silhueta da superfície da Terra.

O fundamento metodológico para a análise geomorfológica da área de estudo seguirá as orientações de Ab'Saber (1969), Casseti (2005a; 2005b; 2005c) e Ross (1992; 2014). Para a compartimentação do relevo dessa área, serão utilizadas metodologias recentes, como a definição de padrões semelhantes do relevo a partir de sua rugosidade, os *geomorphons* ou elementos do relevo e a análise geomorfométrica.

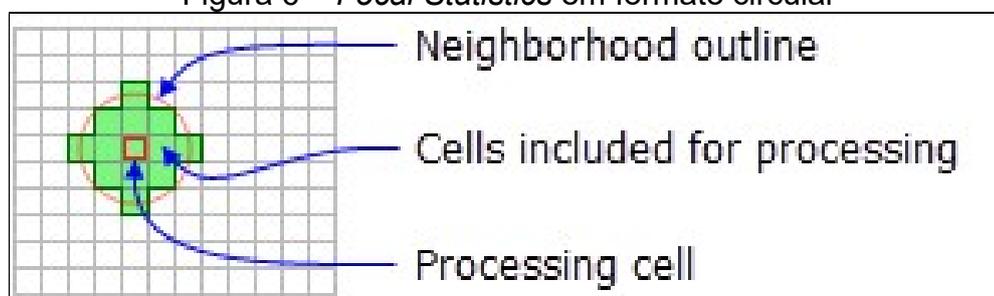
A compreensão da fisiologia da paisagem ou morfodinâmicas do relevo foi realizada a partir de trabalhos de campo, pois considerou-se apropriado para os objetivos da pesquisa.

### 3.7.1 Padrões homogêneos da rugosidade do relevo

A técnica empregada nesta etapa teve como objetivo definir áreas homogêneas a partir de declividades semelhantes. Isso foi realizado a partir de técnicas estatísticas automatizadas em que é usado um raio de varredura a partir da definição de um número pré-determinado de *pixels*.

Para essa etapa, procedeu-se com o MDE os seguintes caminhos e pontos: *ArcToolbox*, *Spatial Analyst Tools*, *Neighborhood* e *Focal Statistics*. As formas de análise da vizinhança com a ferramenta *Focal Statistics* podem variar de formatos, sendo eles: retangular, em cunha, irregular, anelar e circular. Para atender aos objetivos da pesquisa, optou-se pela forma circular (Figura 6), pois com essa ferramenta foi possível gerar padrões homogêneos da rugosidade do relevo condizente com a análise geomorfológica pretendida.

Figura 6 – *Focal Statistics* em formato circular



Fonte: ESRI.

Foram definidos o número de 12 *pixels* como raio de varredura do círculo, o que corresponde a aproximadamente 1080 metros. Para a execução da ferramenta

de estatística no *raster* de entrada (imagem clinográfica), pode-se atribuir diversas funções como: soma, mínimo, máximo, média, entre outras. Para a pesquisa, optou-se pela função estatística média (*mean*) na obtenção do *raster* de saída.

Após o processamento da etapa anterior, procedeu-se a definição do número de classes e os respectivos padrões de relevo representativos para a área de estudo: declividades entre 0 – 2% (relevo plano); 2 – 6% (relevo levemente ondulado); 6 – 12% (relevo ondulado); e > 12% (relevo fortemente ondulado).

A compartimentação dos padrões semelhantes de rugosidade do relevo foi utilizada como base para a definição das unidades geomorfológicas, para as quais também foram levados em consideração a litologia e a pedologia.

### 3.7.2 Elementos do relevo (*Geomorphons*)

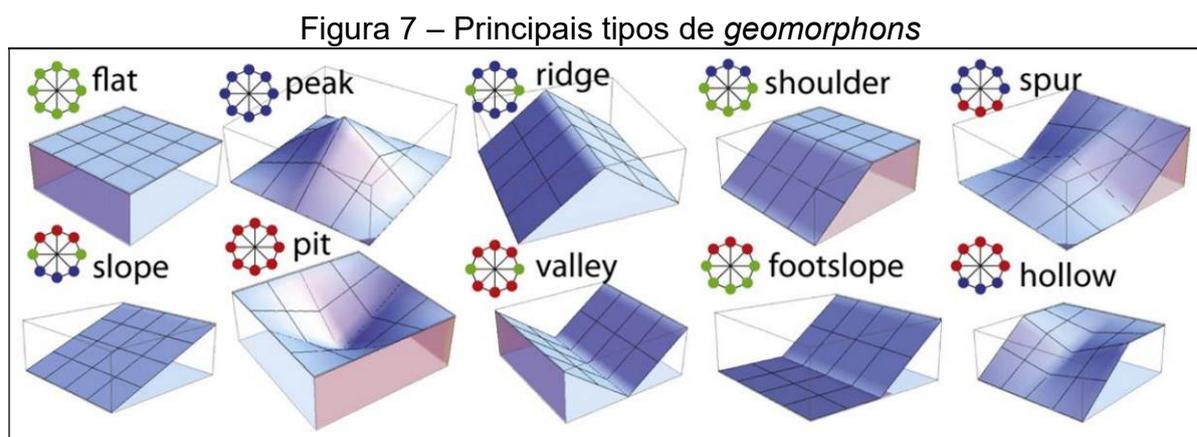
O *geomorphons* é uma metodologia que usa operações algorítmicas para a interpretação de um MDE, portanto, vai além do uso de variáveis métricas. É projetado para imitar a visão humana (visão computacional) sobre o relevo ao invés da geometria diferencial.

Na pesquisa, o MDE utilizado foi o do SRTM. Para gerar os *geomorphons*, fez-se o processamento *online* do MDE no endereço eletrônico disponibilizado em: <http://sil.uc/geom/app>. O código para o processamento dos *geomorphons* é localizado em: <http://sil.uc.edu/>.

Para a varredura do MDE no ambiente *online*, necessariamente, foram definidos dois valores: o “L” e o “T”. O “L” *Lookup* (distância em metros) definiu-se como de 20 *pixels* (1800 metros) e o “T” *Theresholdt* (nivelamento em graus) definiu-se em 2°. Esses mesmos valores também foram aplicados por Robaina *et al.* (2016) na compartimentação do relevo do estado do Rio Grande do Sul, Robaina *et al.* (2017), para a classificação do relevo no estado do Tocantins, por Silveira *et al.* (2018) na classificação dos elementos do relevo do estado do Paraná, por Silveira e Silveira (2018) na compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do rio Jacareí no estado do Paraná e Dutra *et al.* (2020) na identificação de elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso localizado na área de estudo.

De acordo com Jasiewicz e Stepinski (2013), são possíveis de serem encontrados até 498 *geomorphons* em um MDE, no entanto, esses autores

propuseram um método de simplificação de acordo com os dez mais comuns *geomorphons* encontrados na superfície terrestre, quais sejam: 1) áreas planas (*flat*); 2) picos (*peak*); 3) crista (*ridge*); 4) ressaltos (*shoulder*); 5) crista secundária (*spur*); 6) encosta (*slope*); 7) fosso (*pit*); 8) vales (*valley*); 9) base de encosta (*footslope*); e 10) escavado (*hollow*); conforme Figura 7.



Fonte: Jasiewicz e Stepinski (2013).

### 3.7.3 Unidades geomorfométricas do relevo

Para este item também foi utilizado o MDE do SRTM, a partir do qual, e com o uso de árvore de decisão, foram geradas as unidades geomorfométricas do relevo da área de estudo.

O primeiro parâmetro utilizado considerou as variações de amplitude altimétrica apresentado pela área de estudo em função da distribuição do histograma de frequência, em que foi considerada a média geral das altimetrias que corresponde a 231 metros, que dividiu as vertentes localizadas nas maiores altitudes e localizadas nas menores altitudes.

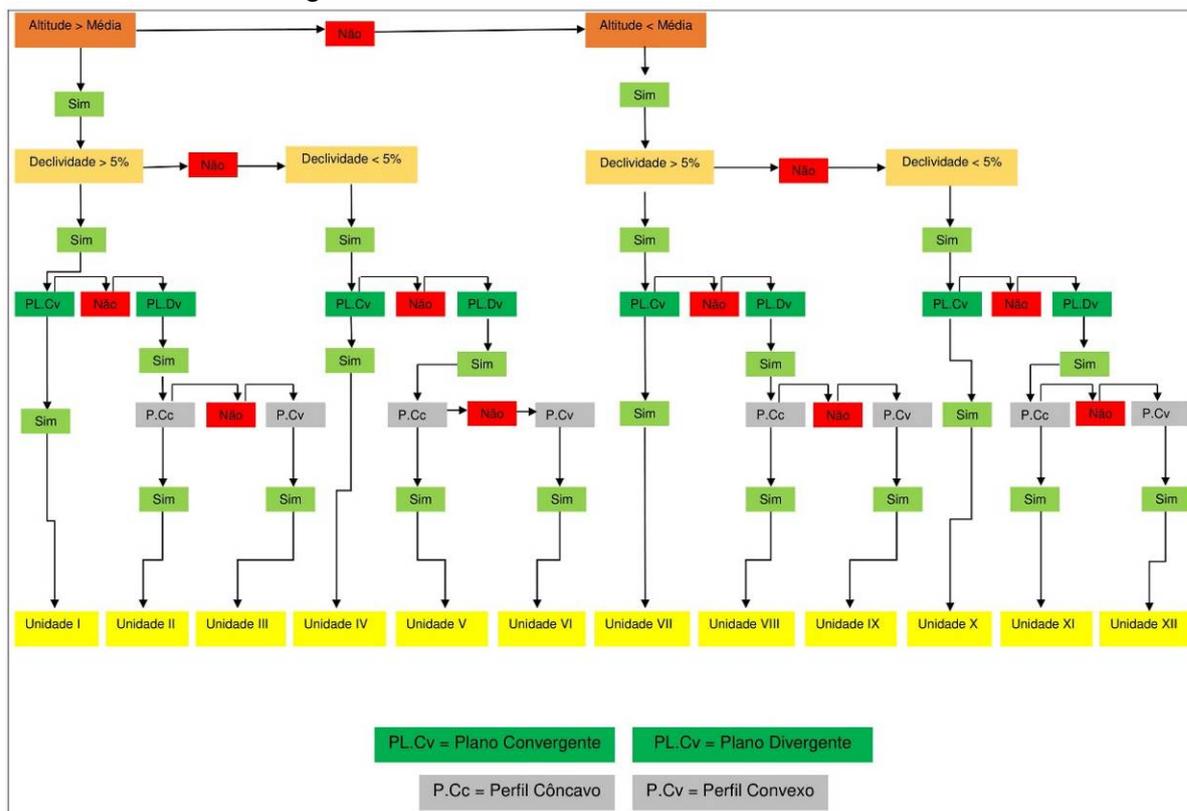
A caracterização das vertentes foi realizada a partir do gradiente e orientação no espaço e, dessa forma, podem ser classificadas de acordo com a sua declividade e a sua curvatura no plano ou em perfil (VELOSO, 2002).

As informações de declividade geradas a partir do MDE foram obtidas na pesquisa por meio do polinômio de Horn (1981) e foram separadas em duas classes, cujo limite é de 5%.

A partir da hierarquização através de árvore de decisão, procedeu-se ao cruzamento entre as classes de altitude, declividade e dos tipos de vertentes. Desse

modo, foram definidas doze unidades geomorfométricas de vertentes do relevo, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Árvore de decisão utilizada para definição das unidades geomorfométricas das vertentes do relevo



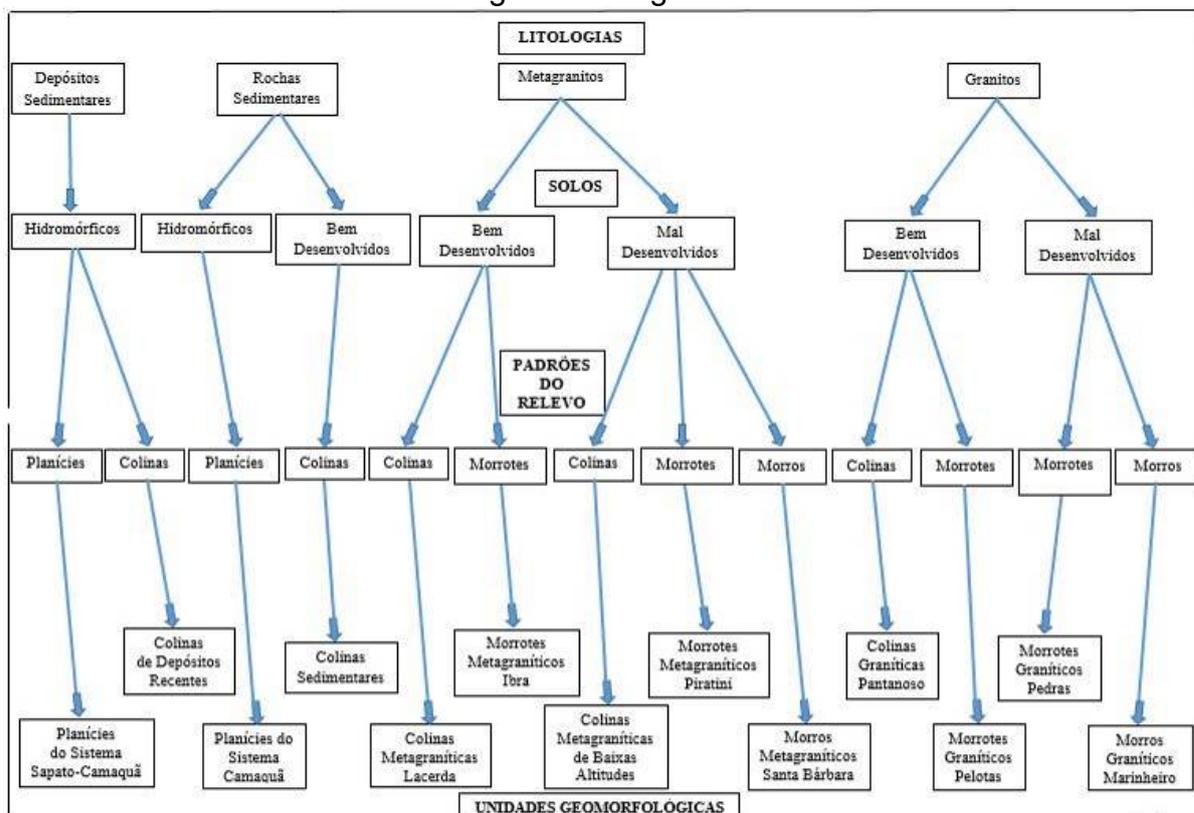
Fonte: Adaptado de Trentin e Robaina (2016).

### 3.7.4 Unidades geomorfológicas

Para a definição das unidades geomorfológicas, foram tomados como parâmetros os padrões homogêneos de rugosidade do relevo conforme item 3.7.1, solos e litologias.

Em SIG, com técnicas de geoprocessamento e o cruzamento entre os parâmetros destacados gera-se uma quantidade considerável de unidades, por isso, por meio dos critérios de proximidade e expressividade, fez-se o agrupamento das unidades pouco representativas. Assim foram determinadas o total de treze unidades geomorfológicas para a área de estudo (Figura 9).

Figura 9 – Fluxograma com as etapas para a cartografia das unidades geomorfológicas



Organização: O autor (2021).

### 3.8 TRABALHOS DE CAMPO

Ao tratar da técnica no processo de produção científica e ao mencionar a etapa do trabalho de campo, Venturi (2005, p. 18) explica que:

O momento do trabalho de campo representa o contato imediato do cientista com a realidade, ainda que se possa fazer uso de instrumentos; é o momento de conhecê-la melhor por meio de técnicas de observação e interpretação (dois aspectos do mesmo processo, já que quem observa é o sujeito, não seus órgãos sensoriais) instrumentalizadas ou não.

Para a pesquisa, foram realizados diversos trabalhos de campo. O primeiro foi realizado, para além do reconhecimento da área de estudo, no sentido de observar tipos de rochas, tipos de solos, tipos de usos, coberturas e ocupação da terra, conflitos ambientais e principais formas de relevo existentes.

No desenvolver da pesquisa, assim que necessário, foram realizados sucessivos trabalhos de campo para o registro de informações, bem como confrontar a realidade produzida em gabinete com a realidade concreta.

Os trabalhos de campo serviram para identificação de processos morfogenéticos, permitiram a validação dos produtos da pesquisa (mapas de solos, litologias, litopedologias, geomorfologias, usos e coberturas da terra e geoambiental).

### **3.9 ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA**

#### **3.9.1 Usos e coberturas da terra**

De acordo com definição apresentada pelo IBGE (2013), a importância do conhecimento dos usos e coberturas da terra reside na questão da sustentabilidade. Pois, conforme essa fonte referenciada,

O conhecimento sobre o uso da terra ganha relevo pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável. (IBGE, 2013, s./p.)

Foram gerados produtos cartográficos de diferentes temporalidades, um relativo ao mês de março de 2019 e outro referente a junho desse mesmo ano. Considerou-se o produto cartográfico referente ao primeiro período destacado como o mais apropriado, conforme os objetivos da pesquisa, pois se obteve uma melhor resposta espectral na identificação dos usos e coberturas relativas a solo exposto e lavouras. Nesse período do ano, final da estação verão, e na área de estudo, as lavouras de fumo já estão colhidas e as de soja já se encontram em fase de maturação e colheita.

Para geração do produto cartográfico em questão, e em ambiente SIG, foram identificadas um total de aproximadamente 300 amostras para os tipos de usos e coberturas da terra destacados a seguir: mata nativa, silvicultura, lavoura, campo nativo e solo exposto. Essas amostras foram diferenciadas e identificadas com base nas orientações de Florenzano (2008) e IBGE (2013), ou seja, com base na cor, forma, arranjos e textura da imagem.

Na classificação do uso da silvicultura, também se procedeu a vetorização de algumas áreas devido a confusão espectral desse uso com a de mata nativa. Esse

mesmo procedimento também foi adotado na identificação da área urbana, pois a mesma tem resposta espectral equivalente ao solo exposto.

No mapa de usos e coberturas da terra, também foram identificadas as áreas úmidas. Para isso, e devido a confusão espectral com os demais usos e coberturas da terra, utilizou-se da base hidrográfica da SEMA (2018), referente ao atributo de áreas úmidas.

Após a identificação das amostras referentes aos usos e coberturas da terra, acessou-se a ferramenta *Maximum Likelihood Classification* e realizou-se a identificação automatizada dos usos e coberturas da terra. Num segundo momento, a fim de se proceder a uma maior homogeneização desse parâmetro, utilizou-se a ferramenta *Majority* para realização de uma limpeza de eventuais *pixels* espúrios.

#### 3.9.1.1 Verificação da acurácia cartográfica do mapeamento dos usos e coberturas da terra

No intuito de verificação da acurácia cartográfica desse atributo em questão, foram observadas as proposições de Valeriano (1984). Esse autor apresenta uma metodologia muito importante e de fácil aplicação, que pode ser útil em qualquer contexto e, principalmente, quando o pesquisador tem conhecimento e acesso sobre a área de estudo.

Nesse sentido, a verificação da acurácia cartográfica desse atributo foi realizada através de trabalhos de campo, a partir da observação da classe de uso e ou cobertura que ocorre em cada ponto e sua verificação em gabinete para constatar a verdade absoluta.

Segundo orientações metodológicas de Valeriano (1984), a acresção de cada 10 amostras de uso e cobertura da terra, e havendo consecutivos resultados positivos com confirmações em gabinete superiores a 90% (interpretação nossa), considerou-se os resultados cartográficos apresentados de alta qualidade, portanto, aceitáveis.

Com base na metodologia de verificação cartográfica apresentada por Valeriano (1984), é apresentada, na Tabela 1, o ponto de campo seguido das respectivas coordenadas geográficas, o uso e cobertura observado em cada ponto e a confirmação em gabinete, ou não. Nessa tabela, são apresentadas as médias ponderadas a cada 10 pontos de campo.

Tabela 1 – Relação de pontos classificados em campo *versus* realidade produzida em gabinete

Ponto	Coord. X	Coord. Y	Uso e cobertura da terra	Classificação correta	Proporção de pontos classificados corretamente aos acréscimos de 10 ao tamanho da amostra
1	339606	6526465	Área urbana	Sim	100
2	340152	6526158	Área urbana	Sim	
3	340902	6525541	Área urbana	Sim	
4	341234	6524770	Área urbana	Sim	
5	340049	6524518	Área urbana	Sim	
6	342530	6523141	Cobertura arbórea	Sim	
7	340195	6525348	Campo nativo	Sim	
8	340073	6525340	Campo nativo	Sim	
9	340158	6525184	Campo nativo	Sim	
10	339974	6525126	Campo nativo	Sim	
11	340881	6523236	Solo exposto	Sim	0,80
12	340970	6523185	Solo exposto	Sim	
13	341693	6523094	Água	Não	
14	341845	6523314	Lavoura	Não	
15	327470	6516995	Cobertura arbórea	Sim	
16	344132	6519342	Solo exposto	Sim	
17	344107	6519391	Solo exposto	Sim	
18	344143	6519149	Cobertura arbórea	Sim	
19	332452	6521444	Cobertura arbórea	Sim	
20	331519	6521648	Cobertura arbórea	Sim	
21	331851	6516251	Cobertura arbórea	Sim	100
22	332872	6515726	Cobertura arbórea	Sim	
23	328200	6517912	Cobertura arbórea	Sim	
24	322262	6548959	Silvicultura	Sim	
25	322780	6549885	Silvicultura	Sim	
26	321712	6548866	Silvicultura	Sim	
27	334574	6539349	Cobertura arbórea	Sim	
28	334512	6539869	Cobertura arbórea	Sim	
29	334759	6538454	Cobertura arbórea	Sim	
30	334513	6538132	Solo exposto	Sim	
31	332974	6537907	Cobertura arbórea	Sim	100
32	333797	6536432	Cobertura arbórea	Sim	
33	333173	6533855	Cobertura arbórea	Sim	
34	340674	6568266	Água	Sim	
35	340385	6568437	Água	Sim	
36	339001	6570450	Silvicultura	Sim	
37	338137	6569733	Silvicultura	Sim	
38	340405	6575069	Cobertura arbórea	Sim	
39	327879	6557685	Solo exposto	Sim	
40	347943	6539937	Água	Sim	
41	345491	6538319	Cobertura arbórea	Sim	100
42	345265	6538381	Cobertura arbórea	Sim	
43	344495	6538046	Cobertura arbórea	Sim	
44	344430	6537316	Cobertura arbórea	Sim	
45	331546	6519573	Silvicultura	Sim	
46	331882	6519341	Cobertura arbórea	Sim	
47	331711	6519264	Cobertura arbórea	Sim	
48	329137	6519081	Cobertura arbórea	Sim	
49	328178	6517920	Cobertura arbórea	Sim	

Ponto	Coord. X	Coord. Y	Uso e cobertura da terra	Classificação correta	Proporção de pontos classificados corretamente aos acréscimos de 10 ao tamanho da amostra
50	327615	6518209	Cobertura arbórea	Sim	0,90
51	327470	6518051	Cobertura arbórea	Sim	
52	327088	6518098	Cobertura arbórea	Sim	
53	327151	6517723	Cobertura arbórea	Sim	
54	326818	6517554	Cobertura arbórea	Sim	
55	341953	6523505	Solo exposto	Não	
56	328516	6517309	Cobertura arbórea	Sim	
57	328447	6517278	Cobertura arbórea	Sim	
58	328360	6517050	Cobertura arbórea	Sim	
59	329353	6516678	Cobertura arbórea	Sim	
60	329258	6516587	Cobertura arbórea	Sim	100
61	329167	6516441	Cobertura arbórea	Sim	
62	329729	6516392	Cobertura arbórea	Sim	
63	329128	6516268	Cobertura arbórea	Sim	
64	328679	6516520	Cobertura arbórea	Sim	
65	330936	6516097	Cobertura arbórea	Sim	
66	331029	6516402	Cobertura arbórea	Sim	
67	328328	6518052	Campo nativo	Sim	
68	327781	6517765	Campo nativo	Sim	
69	327870	6517703	Campo nativo	Sim	
70	328013	6517751	Campo nativo	Sim	0,90
71	328043	6517698	Campo nativo	Sim	
72	327998	6517653	Campo nativo	Sim	
73	328087	6517535	Campo nativo	Sim	
74	328056	6517454	Campo nativo	Sim	
75	332069	6520275	Lavoura	Não	
76	327990	6517382	Campo nativo	Sim	
77	327949	6517331	Campo nativo	Sim	
78	327925	6517351	Campo nativo	Sim	
79	326638	6516934	Campo nativo	Sim	
80	326640	6516794	Campo nativo	Sim	100
81	326776	6516787	Campo nativo	Sim	
82	326732	6516738	Campo nativo	Sim	
83	326856	6516636	Campo nativo	Sim	
84	326967	6516441	Campo nativo	Sim	
85	326674	6516535	Campo nativo	Sim	
86	326814	6516174	Silvicultura	Sim	
87	331542	6519568	Silvicultura	Sim	
88	332634	6518962	Cobertura arbórea	Sim	
89	332744	6521365	Cobertura arbórea	Sim	
90	331514	6521639	Cobertura arbórea	Sim	100
91	350882	6568463	Silvicultura	Sim	
92	349689	6568285	Silvicultura	Sim	
93	348866	6567909	Silvicultura	Sim	
94	347946	6568860	Silvicultura	Sim	
95	348433	6568460	Silvicultura	Sim	
96	346082	6566963	Silvicultura	Sim	
97	346124	6566397	Silvicultura	Sim	
98	328635	6541967	Solo exposto	Sim	
99	345947	6524316	Lavoura	Sim	
100	345630	6524363	Lavoura	Sim	

Ponto	Coord. X	Coord. Y	Uso e cobertura da terra	Classificação correta	Proporção de pontos classificados corretamente aos acréscimos de 10 ao tamanho da amostra
101	345753	6524479	Lavoura	Sim	0,80
102	328047	6517343	Campo	Sim	
103	334006	6521210	Lavoura	Não	
104	339953	6531500	Lavoura	Sim	
105	340783	6531346	Lavoura	Sim	
106	342135	6531468	Lavoura	Sim	
107	341275	6570323	Lavoura	Sim	
108	345451	6572154	Lavoura	Não	
109	345717	6572269	Lavoura	Sim	
110	345787	6572324	Lavoura	Sim	
111	346869	6571624	Lavoura	Sim	90
112	346587	6571827	Lavoura	Sim	
113	343820	6563554	Lavoura	Sim	
114	337805	6559195	Lavoura	Sim	
115	337338	6559462	Lavoura	Sim	
116	337616	6559425	Lavoura	Sim	
117	336934	6560383	Lavoura	Não	
118	323907	6517285	Lavoura	Sim	
119	323816	6517184	Lavoura	Sim	
120	325555	6518233	Lavoura	Sim	

Organização: O autor (2020).

A partir dessa tabela, observa-se uma precisão do produto cartográfico apresentado, superior a 94%. Os pontos que se mostraram errôneos relacionam-se às classes de solo exposto e lavouras, destacando-se que, no geral, essas duas classes transformam-se periodicamente, ou seja, uma área que era lavoura posteriormente pode vir a caracterizar-se como solo exposto e vice-versa.

### 3.9.2 Ocupação da terra

Quanto ao parâmetro da ocupação, ele foi analisado a partir das informações disponibilizadas pela PMC (2008), dados sobre o número de Moradias e Núcleos Habitacionais/MNH. A densidade ocupacional é um atributo importante para a caracterização geoambiental.

Em SIG e a partir da definição de janelas com áreas de 5 km por 5 km, valores condizentes com a representatividade que requer os objetivos da pesquisa, foi calculada a densidade ocupacional média para a área de estudo. De 0 a 1,5 mnh/km<sup>2</sup>, considerou-se área de baixa densidade ocupacional, entre 1,5 até 2,5 mnh/km<sup>2</sup>, considerou-se média e, acima de 2,5 mnh/km<sup>2</sup>, considerou-se alta.

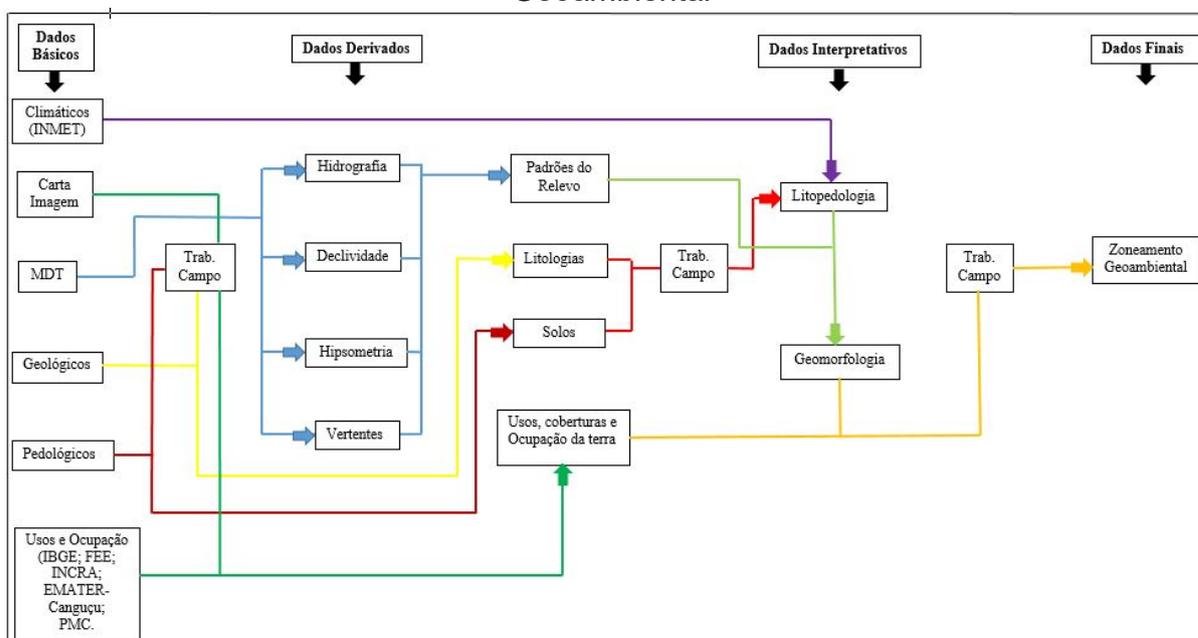
Outra importante informação relacionada na pesquisa são os assentamentos da reforma agrária. Para levantamento dessas informações, foi consultado o *site* do INCRA onde acessou-se a base, em formato *shapefile*, dos assentamentos federais localizados no município. Para identificação dos assentamentos estaduais, foi realizado uma consulta presencial à sede da EMATER-Canguçu quando os técnicos desse órgão disponibilizaram a localização geográfica desses assentamentos.

### 3.10 O ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

A fase em que ocorre o Zoneamento Geoambiental constituiu-se na etapa final da pesquisa, quando foram definidas as unidades geoambientais. Precedente a essa etapa, realizou-se a avaliação das potencialidades e suscetibilidades ambientais da área de estudo.

Enquanto concepção metodológica da tese, deu-se ênfase às etapas propostas por Schirmer e Robaina (2012b). Na Figura 10, são enfatizadas as etapas básicas da pesquisa.

Figura 10 – Fluxograma com as etapas para a caracterização e o Zoneamento Geoambiental



Fonte: Adaptado de Schirmer e Robaina (2012b).

A avaliação das potencialidades e suscetibilidades ambientais foram feitas com o uso de SIG e a partir de uma visão sistêmica sobre todos os atributos do ambiente físico e socioeconômico analisados na pesquisa.

Na compartimentação das unidades geoambientais, os parâmetros utilizados foram a geomorfologia e os usos e coberturas da terra, atributos também utilizados por De Nardin (2009), Trentin (2011), Schirmer e Robaina (2012a; 2012b), Cabral (2014), Scoti (2015) e Schirmer (2015). A ênfase ao critério geomorfológico se deu em virtude de constituir uma síntese dos demais parâmetros analisados na pesquisa.

Para os usos e coberturas da terra, foram necessários o uso de filtros do *software* ArcGIS 10.5 para generalizações desse atributo a fim de obter representatividade. Optou-se pela filtragem das áreas com valores iguais ou superiores a 0,5 km<sup>2</sup>. Posteriormente, áreas resilientes e menores que 0,5 km<sup>2</sup> foram analisadas e agregadas a alguma classe de uso utilizando-se do critério da proximidade espacial.

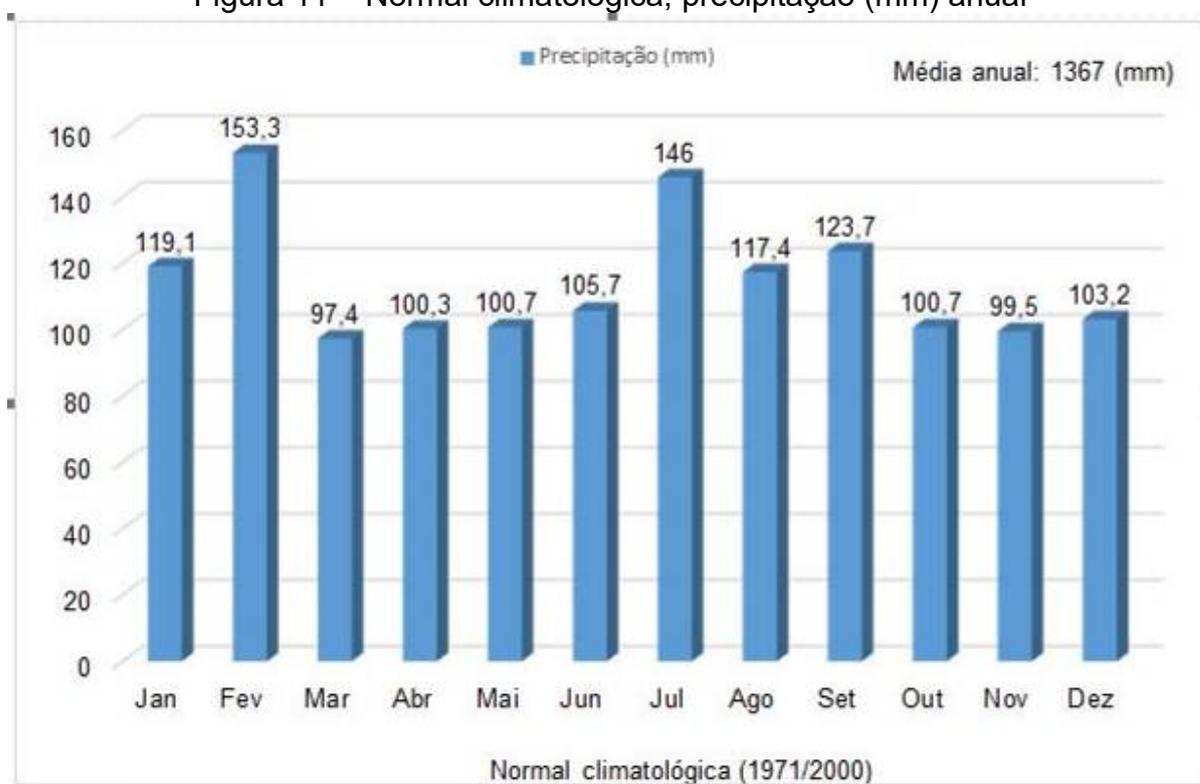
Finalizada essa etapa, foi realizado o cruzamento automatizado entre os atributos da geomorfologia e usos e coberturas da terra obtendo-se as unidades geoambientais da área de estudo.

## CAPÍTULO 4 – ELEMENTOS FÍSICOS

### 4.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Com base nos dados das normais climatológicas para a área de estudo e com ênfase no parâmetro da precipitação média mensal (mm), sobressaem os meses de fevereiro e julho, com os maiores índices pluviométricos em Canguçu. Os demais períodos apresentam maior regularidade desse índice (Figura 11).

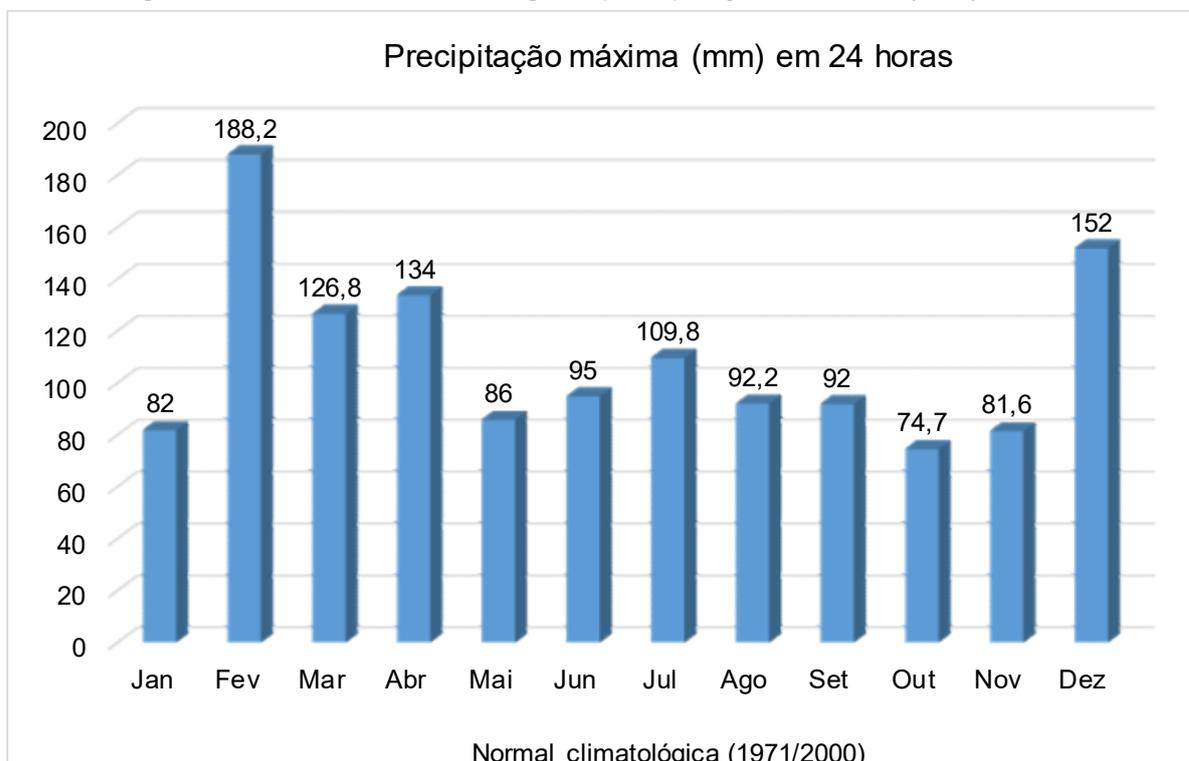
Figura 11 – Normal climatológica, precipitação (mm) anual



Fonte: Dados extraídos de EMBRAPA/UFPEL/INMET (2019).

Outro índice avaliado, dentro do parâmetro das precipitações, é a precipitação máxima (mm) em 24h. Nesse sentido, destacam-se os meses de fevereiro e dezembro com as maiores ocorrências, enquanto, nos demais períodos do ano, há maior regularidade desse fator (Figura 12).

Figura 12 – Normal climatológica, precipitação máxima (mm) em 24h



Fonte: Dados extraídos de EMBRAPA/UFPEL/INMET (2019).

Outro índice avaliado refere-se às temperaturas médias mensal e anual. Nesse sentido, destacam-se os meses de janeiro, com temperatura média de 23,2°C, e julho, com 12,3°C. Esses dados denotam uma amplitude térmica anual considerável, de, aproximadamente, 11°C (Tabela 2).

Tabela 2 – Normal climatológica, temperatura média mensal/anual

Temperatura Média (°C) - Período: 1971/2000 (Mensal/Anual)													
Estação Agroclimatológica: Capão do Leão - RS (Embrapa/ETB - Campus da UFPel)													
Convênio Embrapa/UFPel/INMET													
Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
1971	23,9	23,4	21,5	17,0	12,7	10,1	12,9	13,0	17,3	17,2	19,4	21,5	17,5
1972	22,7	22,4	20,5	17,2	17,2	16,3	12,2	13,0	15,7	15,9	18,5	22,0	17,8
1973	23,1	23,5	22,1	19,1	15,2	14,3	12,8	11,9	13,9	17,4	17,8	21,4	17,7
1974	23,2	22,6	21,6	17,9	16,4	11,0	13,4	12,6	14,0	16,5	18,6	20,3	17,3
1975	22,1	22,3	21,6	18,2	15,6	13,1	11,6	13,9	15,7	16,8	19,1	22,1	17,7
1976	23,3	22,4	20,2	17,2	15,4	12,1	11,6	12,8	14,5	17,5	18,6	23,0	17,4
1977	24,5	24,4	22,0	18,0	14,0	13,5	14,3	12,9	17,1	19,7	20,4	22,3	18,6
1978	23,6	22,4	21,6	16,4	13,3	11,9	13,8	13,3	16,1	18,6	19,2	22,4	17,7
1979	22,0	23,6	20,6	17,3	13,7	10,7	12,8	14,5	14,0	17,9	18,8	21,2	17,3
1980	24,3	23,1	23,8	20,6	17,1	12,3	11,1	12,9	13,2	17,5	19,4	22,1	18,1
1981	23,0	23,9	20,2	18,6	18,8	11,5	13,1	14,4	14,6	16,4	20,4	21,1	18,0
1982	21,6	22,8	22,4	19,4	15,2	12,9	12,9	14,1	16,9	16,8	18,8	21,9	18,0
1983	24,1	22,8	20,4	17,9	15,4	10,5	11,6	13,5	13,6	17,9	20,8	22,7	17,6
1984	24,3	25,0	22,1	18,2	15,7	12,1	11,8	11,3	14,8	18,1	18,8	19,6	17,7
1985	22,4	23,0	21,4	18,4	15,0	13,4	13,4	14,0	16,4	18,2	21,0	22,1	18,2
1986	23,8	23,0	20,7	20,2	15,3	15,5	12,9	14,2	15,9	17,2	19,7	22,1	18,4
1987	22,7	23,9	22,3	19,2	13,1	11,7	14,3	13,4	13,5	17,0	20,3	21,4	17,7
1988	23,1	22,3	23,7	16,6	12,4	10,1	11,2	13,2	13,4	16,5	19,0	22,5	17,0
1989	23,6	23,2	22,0	19,2	14,3	12,1	9,9	14,4	13,7	16,4	19,7	23,0	17,6
1990	24,7	23,3	21,2	19,7	14,0	10,7	11,2	13,7	13,4	19,3	21,1	20,7	17,7
1991	22,2	22,7	22,1	18,8	17,5	12,9	11,5	14,7	16,2	17,6	19,4	23,3	18,2
1992	23,2	24,4	23,0	19,5	14,9	14,5	10,3	12,5	15,3	17,7	18,8	21,4	18,0
1993	24,1	22,9	22,4	20,4	15,7	12,8	11,0	12,9	14,1	18,3	20,5	21,9	18,1
1994	22,3	22,5	21,5	18,1	17,6	13,2	12,2	12,9	16,3	17,8	20,0	23,9	18,2
1995	23,5	22,4	21,2	18,3	14,8	11,8	13,9	13,2	15,0	16,6	20,9	22,4	17,8
1996	22,9	22,8	22,4	19,5	14,2	10,1	9,4	13,8	14,1	18,6	20,8	22,6	17,6
1997	24,8	22,7	21,1	18,5	15,2	12,6	14,2	15,3	15,1	18,0	20,2	21,9	18,3
1998	22,4	22,3	20,7	18,8	15,5	12,6	13,8	14,2	14,9	18,1	20,0	21,6	17,9
1999	22,3	21,9	23,0	16,9	13,9	12,1	12,5	13,6	15,2	17,2	19,1	21,7	17,4
2000	23,7	22,7	20,7	19,6	15,3	14,8	10,7	12,4	14,0	17,7	19,4	22,3	17,8
Média	23,2	23,0	21,7	18,5	15,1	12,4	12,3	13,4	14,9	17,5	19,6	22,0	17,8

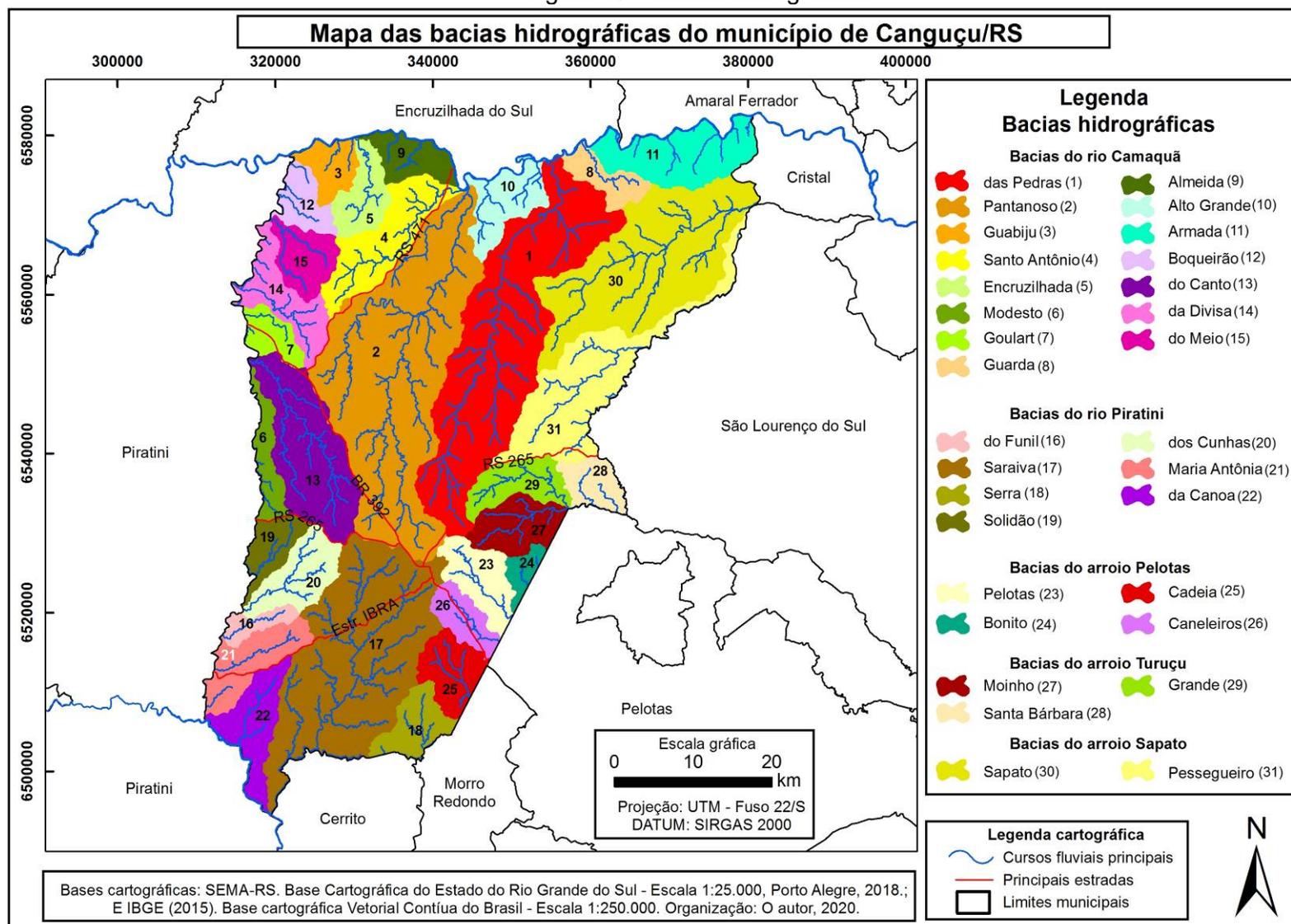
Fonte: Dados extraídos de EMBRAPA/UFPel/INMET (2019).

## 4.2 ANÁLISE DA HIDROGRAFIA

Do ponto de vista físico, Canguçu se destaca por um importante sistema hidrográfico. Os cursos fluviais mais expressivos são os Arroios Santo Antônio, Sapato e Pantanoso (6ª ordem), das Pedras e Saraiva (7ª ordem) (SEMA, 2018). No centro-sul desse município, apresenta-se um divisor de águas que direciona as drenagens às duas grandes bacias hidrográficas, dos Rios Camaquã e Piratini.

No total, a área de estudo apresenta 31 sub-bacias hidrográficas. As mais expressivas do município, em área de drenagem, são a do Pantanoso (522,10 km<sup>2</sup> ou 14,81%); das Pedras (440,62 km<sup>2</sup> ou 12,50%); Saraiva (396,09 km<sup>2</sup> ou 11,24%); e Sapato (326,06 km<sup>2</sup> ou 9,25%) (Figura 13).

Figura 13 – Bacias hidrográficas



Fonte: O autor (2019)

A bacia hidrográfica do Rio Camaquã, localizada a norte-noroeste do município, tem o maior número de sub-bacias: das Pedras, Pantanoso, Guabiju, Santo Antônio, Encruzilhada, Goulart, Guarda, Modesto, Almeida, Alto Grande, Armada, Boqueirão, do Canto, da Divisa e do Meio. Essa bacia drena 1.884,73 km<sup>2</sup> ou 53,47% do município, sendo, portanto, a mais representativa em área.

A bacia hidrográfica do Rio Piratini, localizada a sul-sudoeste do município, é formada pelas seguintes sub-bacias: do Funil, Saraiva, Serra, Solidão, dos Cunhas, Maria Antônia e da Canoa. Destaca-se como a segunda maior área do município, com 758,05 km<sup>2</sup> ou 21,51%.

A bacia do Arroio Sapato, localizada a nordeste, apresenta área importante no município: 518,42 km<sup>2</sup> ou 14,71%, sendo formada pelas sub-bacias Sapato e Pessegueiro.

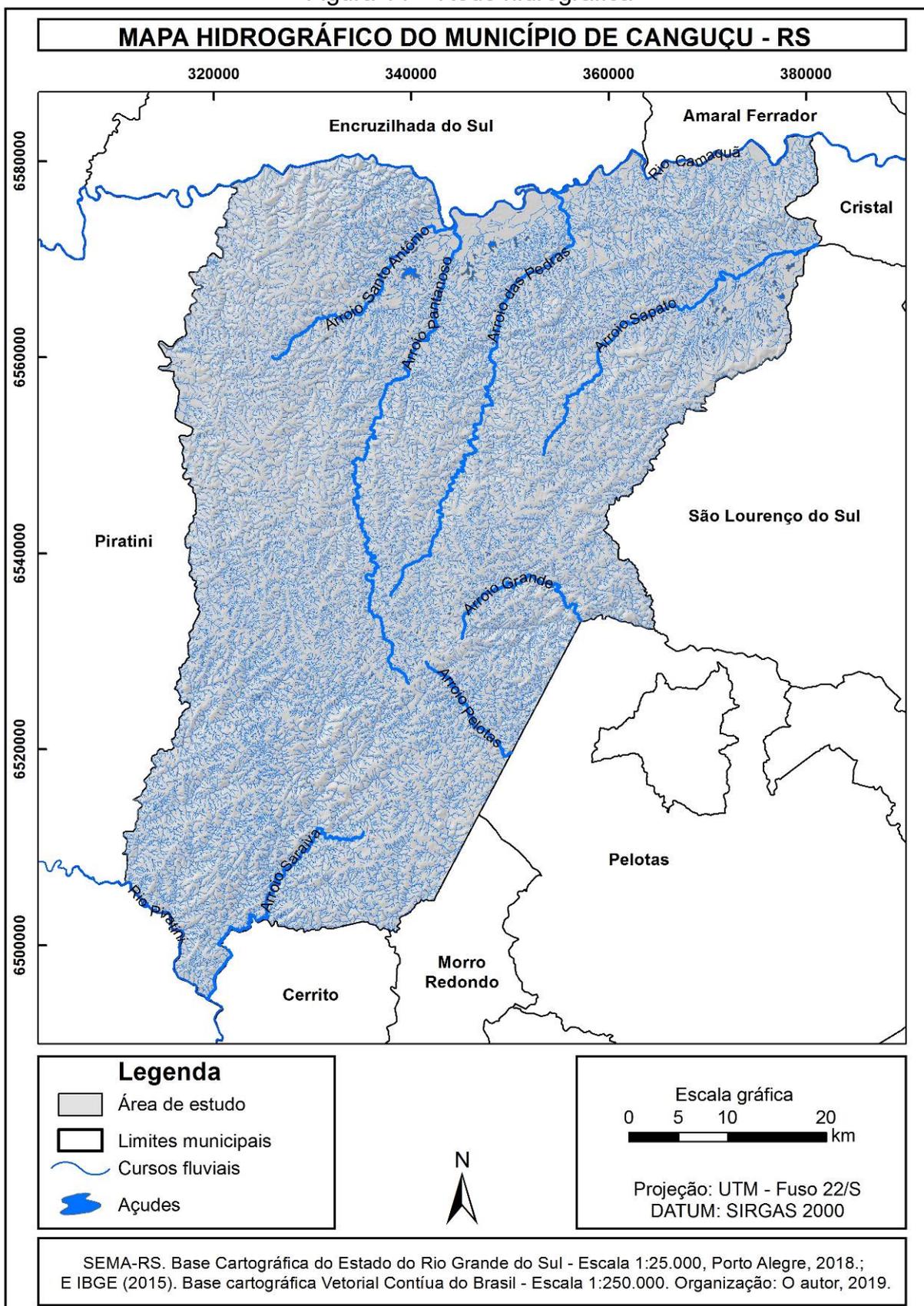
Com áreas pouco representativas do total do município, têm-se as bacias hidrográficas do Arroio Pelotas e Turuçu. A primeira bacia, localizada a sudeste do município, tem área de 191,88 km<sup>2</sup> ou 5,44% e é formada pelas sub-bacias Pelotas, Bonito, Cadeia e Caneleiros. A Turuçu, localizada a sudeste, tem área de 171,60 km<sup>2</sup> ou 4,87% do município, sendo formada pelas sub-bacias do Moinho, Santa Bárbara e Grande.

A área de estudo apresenta grande densidade de drenagem, com padrão predominantemente retangular, adaptado às condições estruturais e tectônicas da área (CUNHA, 2009). Também ocorrem outros padrões de drenagem, como dendrítico, paralelo e radial, além de uma associação entre esses padrões.

Como compreende uma região de nascentes, predominam cursos fluviais curtos e com baixo volume de água, os quais, portanto, são de primeira ordem. No geral, esses cursos fluviais nascem na região central do município e, em maior número, seguem uma orientação no sentido norte-noroeste, desembocando no Rio Camaquã. Entretanto, um número considerável de cursos fluviais segue orientação sul-sudoeste, desembocando no rio Piratini.

Parte importante dos cursos fluviais do município segue orientação nordeste, desembocando no arroio Sapato. Outra parte menos representativa do total de cursos fluviais segue orientação sudeste e desemboca nos arroios Pelotas e Grande ou Turuçu (Figura 14).

Figura 14 – Rede hidrográfica



Fonte: O autor (2019).

A partir da observação do mapa hidrográfico, depreende-se o grau de atuação da morfogênese sobre o relevo da área de estudo, devido à densidade de cursos fluviais. Entretanto, na região centro-sul do município, onde ocorrem as maiores altitudes, há menor densidade desses cursos fluviais, assim como a norte e a nordeste, onde ocorrem as menores altitudes e o relevo plano.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS LITOLOGIAS

O estado do Rio Grande do Sul é dividido, conforme Carraro (1974), em quatro unidades geomorfológicas: o Planalto Meridional, a Depressão Periférica, a Planície Costeira e o Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG).

O ESRG, onde a área de estudo está localizada, compreende assembleias de rochas geradas desde o Paleoproterozoico até o Neopaleozoico, sendo resultado de uma complexa amalgamação entre os crátons dos Rios de La Plata, Kalahari e, possivelmente, o cráton do Congo, durante o Neoproterozoico (HARTMANN *et al.*, 2000; BITENCOURT; NARDI, 2000). As associações de rochas metamórficas, sedimentares e ígneas do ESRG são recobertas pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná e, ao longo das principais drenagens, são encontrados os sedimentos quaternários (WILDNER *et al.*, 2008).

Com o intuito de explicar a formação dessa unidade morfoestrutural, Hartmann *et al.* (2007, p. 97) mencionam que:

O escudo é o resultado dos processos de geração e deformação de crosta continental, cuja contribuição maior ocorreu em dois ciclos orogênicos, o Transamazônico (2,26 - 2,00 Ga) e o Brasileiro (900-535 Ma). Cada ciclo incluiu a extração de magmas e, possivelmente, também de porções sólidas do manto, com a decorrente construção de crosta oceânica (planície basáltica e sedimentos abissais, platôs oceânicos, ilhas oceânicas), presença de microcontinentes nos oceanos, arcos de ilhas vulcânicas nos oceanos e nas margens continentais. Essas associações de rochas colidiram sequencialmente e contribuíram para o crescimento da porção sul do continente sul-americano.

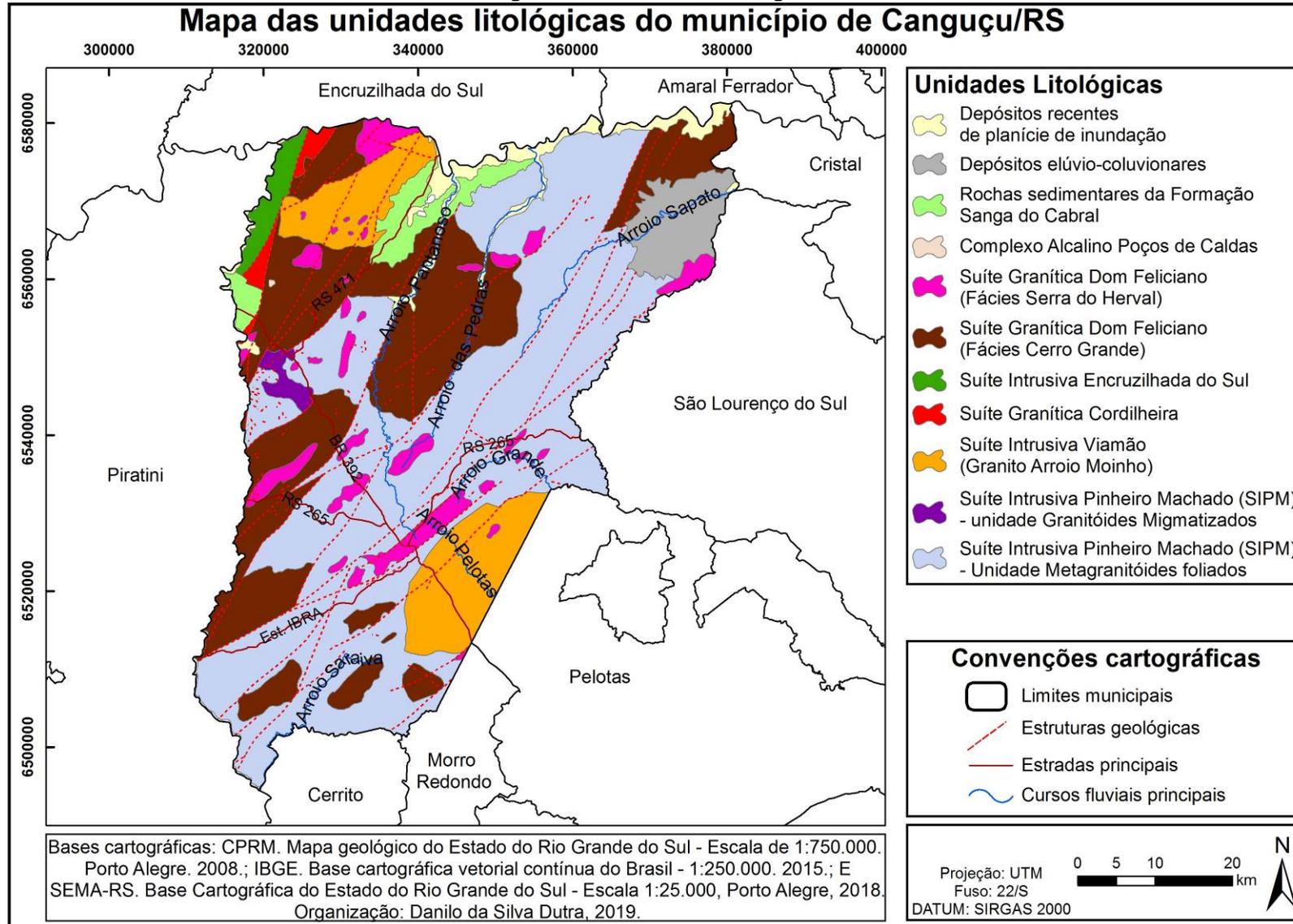
O município de Canguçu está localizado na parte leste do ESRG, conhecida como o Batólito de Pelotas (FRAGOSO CÉSAR *et al.*, 1986), formado predominantemente por suítes e complexos graníticos neoproterozoicos, sendo retrabalhadas as frações de crosta paleoproterozoica. Nesse Batólito, são reconhecidas seis suítes graníticas, respectivamente, da mais antiga para a mais

jovem: Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM), Suíte Intrusiva Erval (SIE), Suíte Intrusiva Viamão (SIV), Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (SIES), Suíte Granítica Cordilheira (SGC) e Suíte Granítica Dom Feliciano (SGDF) (PHILIPP, 1998; PHILIPP; MACHADO, 2001).

Por sua vez, dentro do município de Canguçu, são encontradas unidades litológicas com idades mais antigas que as intrusões ígneas indicadas e unidades mais recentes. As áreas litológicas mais antigas são representativas de relevo mais movimentado e delimitadas por zonas de cisalhamento (FERNADES *et al.*, 1993).

As áreas de deposições mais recentes estão caracterizadas por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e por sedimentos colúvio-aluvionares junto às planícies do rio Camaquã e do arroio Sapato. Na Figura 15, é apresentado o mapa das unidades litológicas da área de estudo.

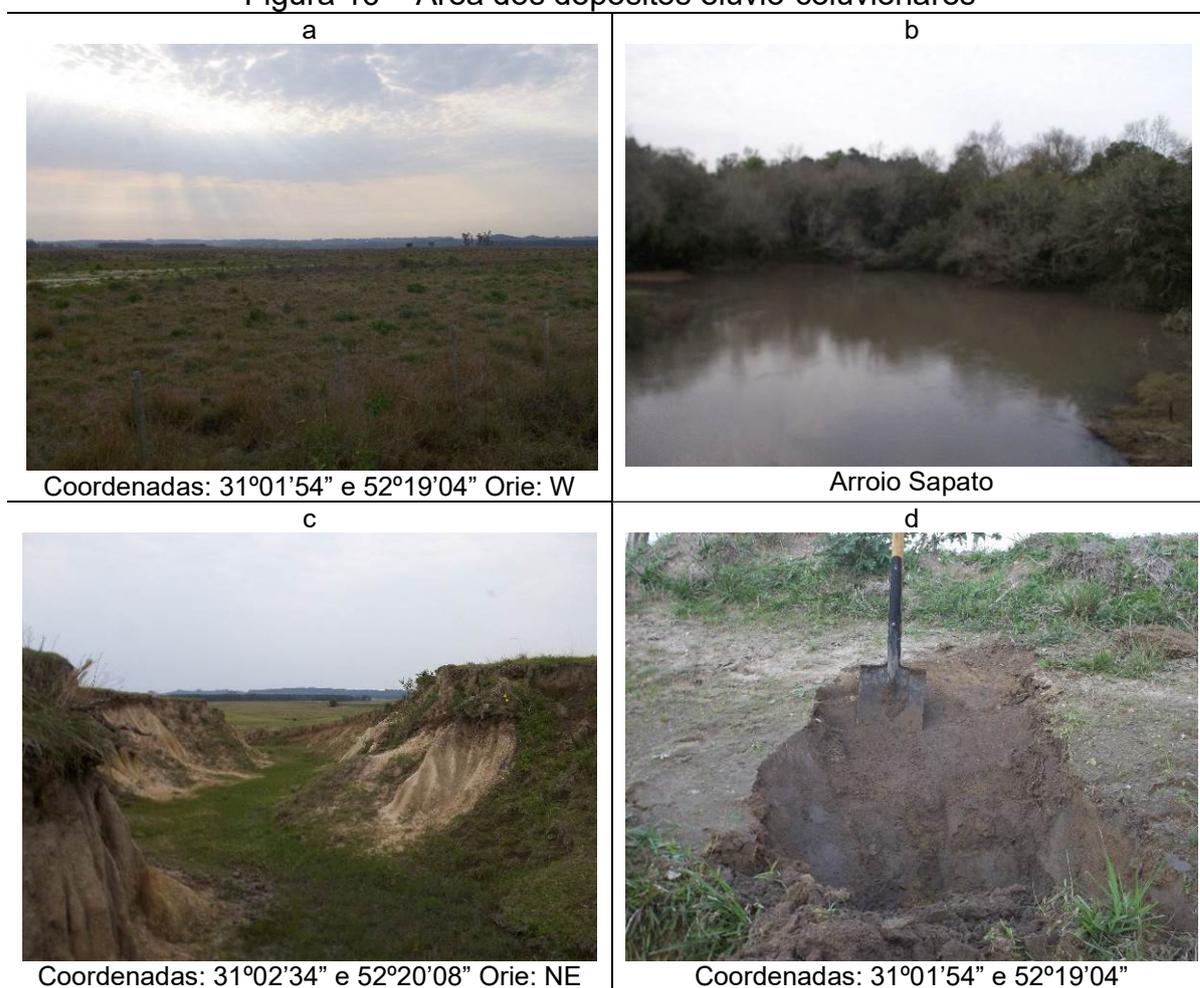
Figura 15 – Unidades litológicas



### 4.3.1 Depósitos Recentes de Planície de Inundação e Depósitos Elúvio-Coluvionares

Em uma área plana na porção NE do município, ocorre uma área quartzosa de cor amarela acinzentada que representa depósitos Elúvio-Coluviais mal selecionados, com área de 131,05 km<sup>2</sup> ou 3,72%, associados à planície do Arroio Sapato (Figura 16 a, b, c, d). Nessa unidade litológica, por se tratar de uma área muito plana, também são comuns corpos-d'água naturais.

Figura 16 – Área dos depósitos elúvio-coluvionares



Fonte: O autor (2019).

Junto ao Rio Camaquã e no baixo curso dos principais arroios afluentes, ocorrem depósitos aluvionares areno-cascalhosos de canal (Figura 17) e Depósitos de Planície Aluvial (Figura 18). Essas litologias têm área de 98,94 km<sup>2</sup> ou 2,81%.

Figura 17 – Depósitos Aluvionares de canal, margem direita do Rio Camaquã



Fonte: O autor (2019).

Figura 18 – Depósitos de Planície Aluvial, margem direita do Rio Camaquã

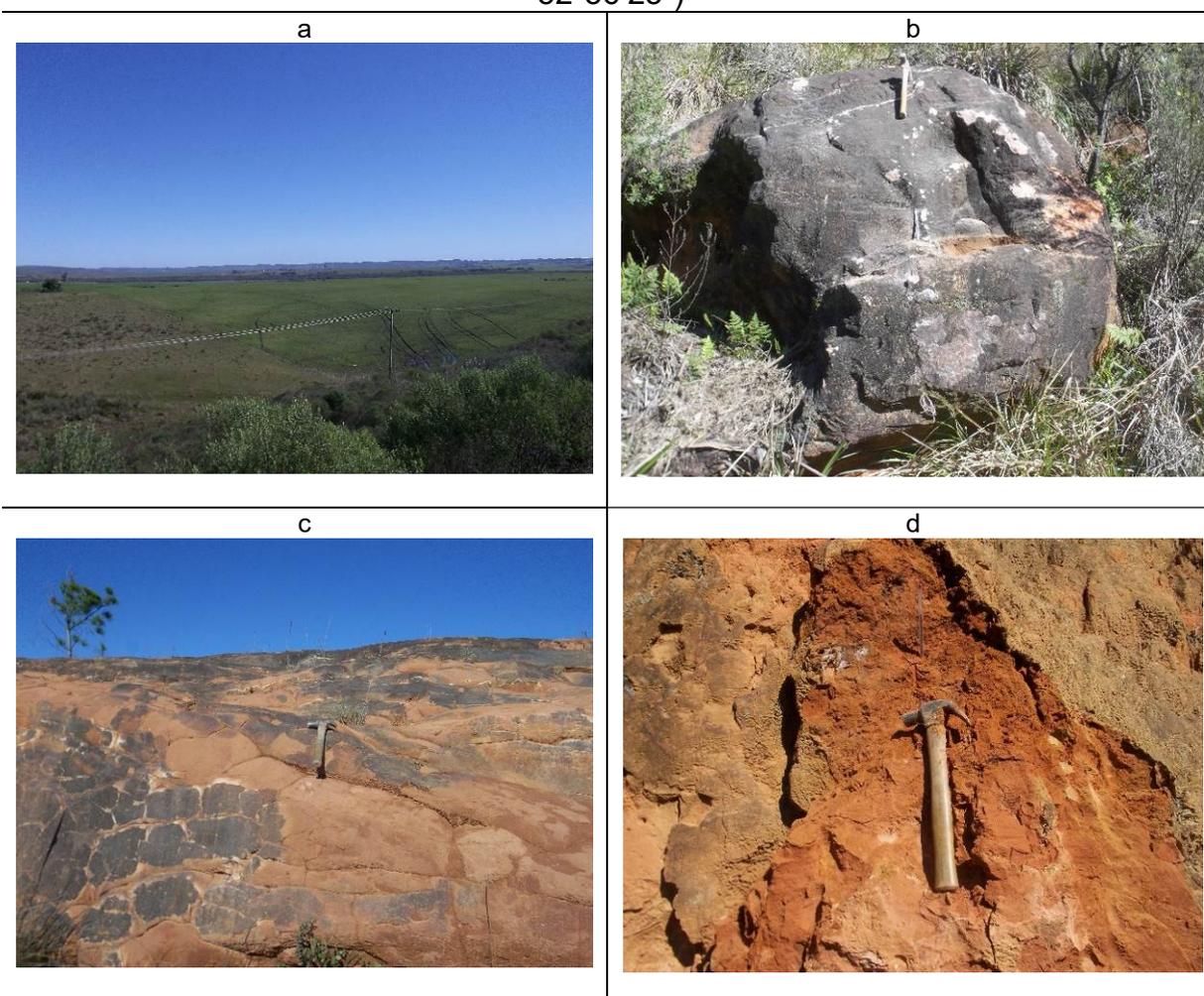


Fonte: O autor (2019).

### 4.3.2 Rochas Sedimentares da formação Sanga do Cabral

Ocorrem nas porções N e NW do município, com área de 103,89 km<sup>2</sup> ou 2,96%, e representam, segundo Andreis *et al.* (1980) e CPRM (2007), os arenitos superiores da formação Sanga do Cabral, que são avermelhados, de granulometria predominantemente fina e de lentes conglomeráticas com estratificação cruzada acanalada. Apresentam intercalações de siltitos e arenitos com estratificações plano-paralelas incipientes (Figura 19 a, b, c, d).

Figura 19 – Amostras da formação Sanga do Cabral (Coordenadas: 31°06'32" e 52°56'25")



Fonte: O autor (2019).

De modo bastante geral, a CPRM (2007, p. 23) também caracteriza essa litologia como um “sistema fluvial efêmero de baixa sinuosidade e pobremente canalizado, desenvolvido em uma planície aluvial de baixo gradiente”.

Na área de estudo, essa litologia se apresenta com relevo rebaixado, solos areno-siltosos formados sobre arenitos e siltitos avermelhados com granulometria fina. Quando cimentada, ocorre em blocos rochosos bastante litificados (Figura 19 b), mas, em geral, é friável, facilitando processos erosivos lineares (Figura 19 d).

#### **4.3.3 Complexo alcalino Poços de Caldas**

Ocorre de forma bastante restrita no município e está representado por uma pequena área, de 0,61 km<sup>2</sup> ou 0,01%, formando um *pipe* fonolítico na porção NW de Canguçu.

#### **4.3.4 Suíte Granítica Dom Feliciano (Fácies Cerro Grande e Serra do Herval)**

Essa litologia é a segunda em importância, em termos de área de afloramento no município. Essa suíte granítica caracteriza-se “por grande homogeneidade composicional, estrutural e petrográfica, além da quase total ausência de enclaves máficos e de xenólitos de rochas encaixantes” (PHILIPP, 1998, p. 43). Com relação às características dos granitos dessa suíte, Philipp e Machado (2001, p. 264) explicam que eles são “rosados a castanho claro e esbranquiçados, com predomínio de composição sienogranítica”.

Na área de estudo, essa suíte ocorre em duas fácies, as quais apresentam idades entre 650 m.a. e 541 m.a. (CPRM, 2008): Fácies Cerro Grande, com monzogranitos porfíricos grossos e uma suscetibilidade relativa média à alteração, formando solos do tipo Neossolos litólicos e Argissolos rasos e ocupando uma área de 889,77 km<sup>2</sup> ou 25,29%; Fácies Serra do Herval, com granito rosado equigranular rico em feldspato e quartzo, resistente à alteração, gerando solos do tipo Neossolos litólicos e ocupando uma área de 179,80 km<sup>2</sup> ou 5,11%. As Figuras 20 e 21 representam corpos graníticos pertencentes à fácies Cerro Grande próximo a áreas com relevo bastante movimentado.

Figura 20 – Corpo granítico pertencente à unidade litológica Cerro Grande (Coordenadas: 30°57'08" e 52°49'44")



Fonte: O autor (2019).

Figura 21 – Corpo granítico cinza escuro pertencente à unidade litológica Cerro Grande (Coordenadas: 30°58'43" e 52°49'40")



Fonte: O autor (2019).

A fácies Serra do Herval também é representativa na área de estudo, de cinturões orogênicos conhecidos popularmente como cerros, os quais são formados por grandes blocos rochosos e campos de matacões. A Figura 22, localizada em topo de morro próximo da cidade de Canguçu, representa uma área de granito rosado e amarelado relativamente alterado e a Figura 23 (a, b) representa morros com afloramentos rochosos e campo de matacões.

Figura 22 – Granito rosado e amarelado pertencente à unidade litológica Serra do Herval (Coordenadas: 52°41'23" e 31°23'47")

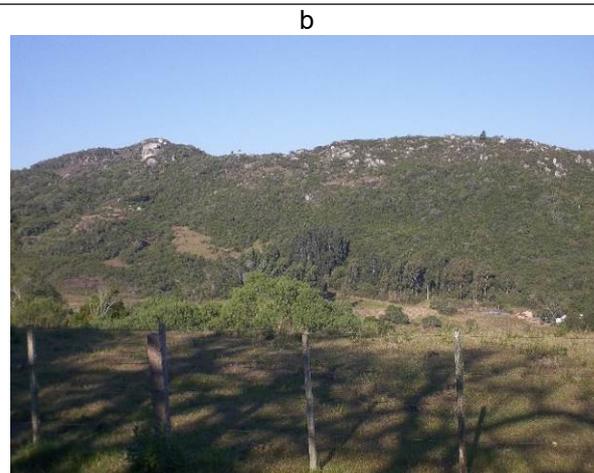


Fonte: Trentin (2019).

Figura 23 – Morros com afloramentos rochosos e campo de matacões pertencentes à unidade litológica Serra do Herval



Coordenadas: 31°24'45" e 52°45'25"



Coordenadas: 31°25'06" e 52°46'48"

Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.5 Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (SIES) e Suíte Granítica Cordilheira (SGC)

Ocorrem em uma pequena área no extremo NW do município, compreendendo litologias do tipo sieno e monzogranitos. A SIES tem área de 47,90 km<sup>2</sup> ou 1,36% da área municipal e a SGC tem área de 26,52 km<sup>2</sup> ou 0,76%.

A SGC é um granito a duas micas resistentes à alteração intempérica. Segundo dados disponibilizados pelo CPRM (2008), tanto a SIES quanto a SGC apresentam idades entre 650 m.a. e 541 m.a.

Especificamente, com relação às características da SIES:

[...] é composta predominantemente por biotita, granitos de textura porfírica a inequigranular grossa, com cores acinzentadas, róseo-acinzentadas e alaranjadas. A proporção de megacristais de feldspato potássico oscila entre 15% a 40%, mostrando formas prismáticas idiomórficas de tamanhos entre 3 cm a 8 cm. Subordinadamente ocorrem leucogranitos com textura equigranular grossa e coloração rosada e cinzenta. (PHILIPP, 1998, p. 40)

Em relação às características da SGC, Philipp e Machado (2001, p. 264) explicam que a composição dessa suíte “varia de sienogranítica a granodiorítica, com moscovita, biotita, turmalina, granada, monazita, zircão e minerais opacos”. Os autores anteriormente citados, para explicar as características dos granitos dessa suíte, ainda mencionam que:

são granitos brancos a cinzentos, com pontuações escuras de biotita. A estrutura é foliada, marcada nas zonas de baixa de deformação pela orientação de moscovita primária e biotita. A foliação possui duas orientações: uma subhorizontal, magmática, com moscovita orientada, e outra subvertical, tectônica, sobretudo em regiões de alta deformação, nas bordas dos corpos, sendo associada às zonas de cisalhamento dúcteis. (PHILIPP; MACHADO, 2001, p. 264)

Nas Figuras 24 e 25, são mostrados acamamentos rochosos junto a uma zona de cisalhamento pertencente à SGC, em uma área formada por relevo bastante movimentado.

Figura 24 – Área de acamamento rochoso pertencente à Suíte Granítica Cordilheira (Coordenadas: 30°57'33" e 52°49'43")



Fonte: O autor (2019).

Figura 25 – Detalhamento dos segmentos do corpo rochoso pertencente à Suíte Granítica Cordilheira (Coordenadas: 30°57'33" e 52°49'43")



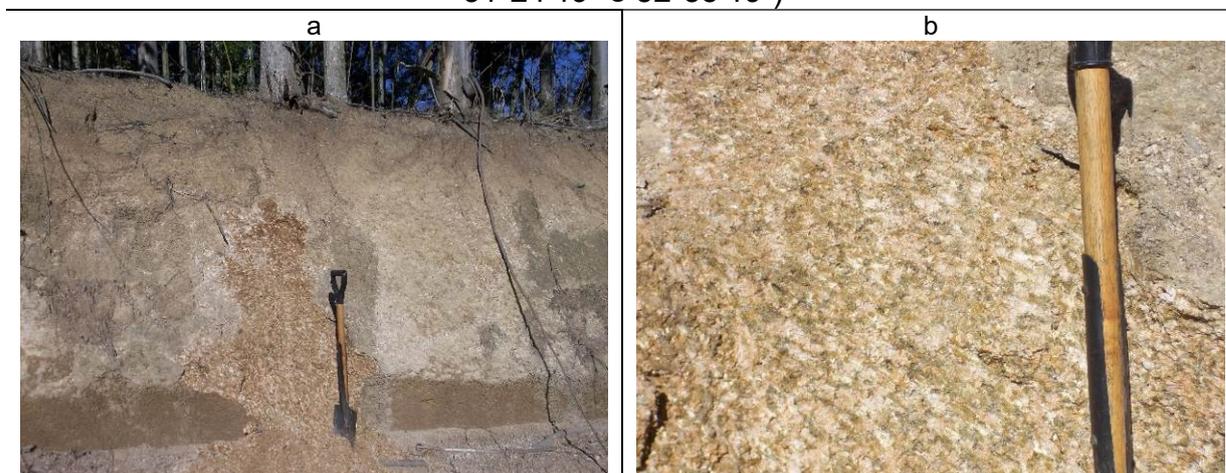
Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.6 Suíte Intrusiva Viamão – Granito Arroio Moinho

É um tipo de litologia formada por Sieno a monzogranito porfírico com foliação ígnea marcada pela orientação da biotita e forte lineação dada pela orientação do K-feldspato. Apresenta litologia importante em termos de área de afloramento no município, ocorrendo em uma área a SE e outra a NW, com 339,32 km<sup>2</sup> ou 9,64%. Essas rochas são afetadas por faixas de cisalhamento relacionadas à Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu, de caráter transcorrente, direção geral NE e sentido de movimento levogiro que geram rochas miloníticas (GOMES, 1990; CRUZ; GOMES, 2016).

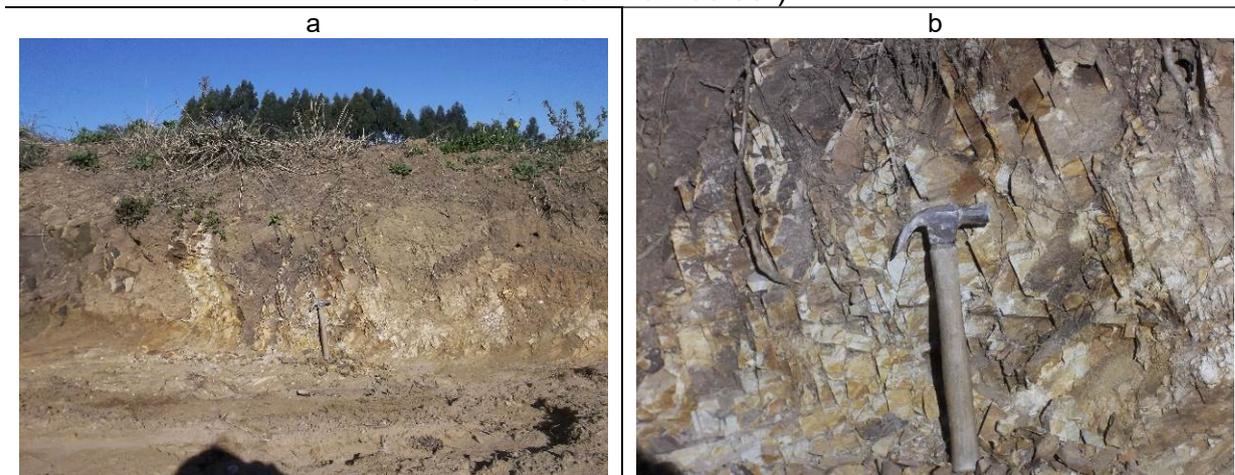
De acordo com dados da CPRM (2008), essa unidade litoestratigráfica tem idades entre 650 m.a. e 541 m.a. Em toda a região, o Granito Arroio Moinho apresenta-se com elevado grau de alteração intempérica, formando um alterito com textura arenosa. Na Figura 26 (a, b), está representada a rocha com forte alteração intempérica e, na Figura 27 (a, b), uma porção com média alteração.

Figura 26 – Rocha bastante alterada do Granito Arroio Moinho (Coordenadas: 31°24'19" e 52°35'19")



Fonte: O autor (2019).

Figura 27 – Rocha relativamente alterada do Granito Arroio Moinho (Coordenadas: 31°24'03" e 52°36'50")



Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.7 Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM) – Granitoides migmatizados

Essa unidade litológica, pouco expressiva na área de estudo, ocupa uma pequena faixa a oeste do município, com área de 25,41 km<sup>2</sup> ou 0,72%. Conforme dados do CPRM (2008), essa unidade apresenta idade entre 781 m.a. e 630,1 m.a., sendo formada, predominantemente, por Gnaisse granodiorítico.

Essa unidade litológica representa rochas com mineralogia bastante resistente à alteração, gerando Neossolos litólicos. Os autores diferenciam essa litologia dos granitoides da Suíte Intrusiva Pinheiro Machado por não serem observados enclaves. Na Figura 28 (a, b), são mostrados corpos rochosos da unidade Granitoides migmatizados.

Figura 28 – Rochas da unidade Granitoides migmatizados (Coordenadas: 31°10'16" e 52°51'06")



Fonte: O autor (2019).

#### 4.3.8 Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM) – Metagranitoides foliados

Compreende Metagranitoides porfíricos e é a mais expressiva na área de estudo, em termos de área de afloramento, com 1675,45 km<sup>2</sup> ou 47,62%. Segundo Philipp e Machado (2001), é a suíte mais antiga do Batólito Pelotas. Essa unidade litológica compreende idade entre 781 m.a. e 630,1 m.a. (CPRM, 2008). Essa suíte granítica apresenta suscetibilidade média à alteração, com a presença de Argissolos que variam entre solos rasos e profundos.

Segundo Philipp (1998), as litologias dessa suíte englobam uma grande variedade de granitoides, predominando granodioritos, com presença de enclaves máficos e um amplo grupo de xenólitos de rochas gnáissicas e migmatíticas. Essas litologias são marcadas por transformações metamórficas associadas às zonas de cisalhamento dúcteis, mas ainda preservam feições ígneas.

Na Figura 29 (a, b), observa-se afloramento de topo de morro com a presença de diversos enclaves em rochas relativamente alteradas. A Figura 30 mostra um enclave máfico no granito com baixa alteração intempérica, localizada próximo ao leito de um curso fluvial.

Figura 29 – Rocha granítica com enclaves pertencente aos Metagranitoides foliados (Coordenadas: 31°03'35" e 52°28'51")



Fonte: Trentin (2019).

Figura 30 – Rocha granítica com enclave e uma relativa esfoliação pertencente aos Metagranitoides foliados (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21")



Fonte: Trentin (2019).

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS

Conforme Streck *et al.* (2018), a definição do que seja o solo é muito variada, estando de acordo com a formação que o caracteriza. Na presente pesquisa, entende-se o solo como o material proveniente da desagregação das rochas e dos

organismos vivos, os quais vão se decompondo e, em consequência, formando o solo.

Em geral, a espessura de um solo varia conforme a declividade do relevo. Em áreas de declividades acentuadas, o solo é mais raso; nas áreas onde as declividades são menores, o solo tende a ser mais profundo.

Descrevendo a formação do solo, Palmieri e Larach (2010, p. 66) conceituam que:

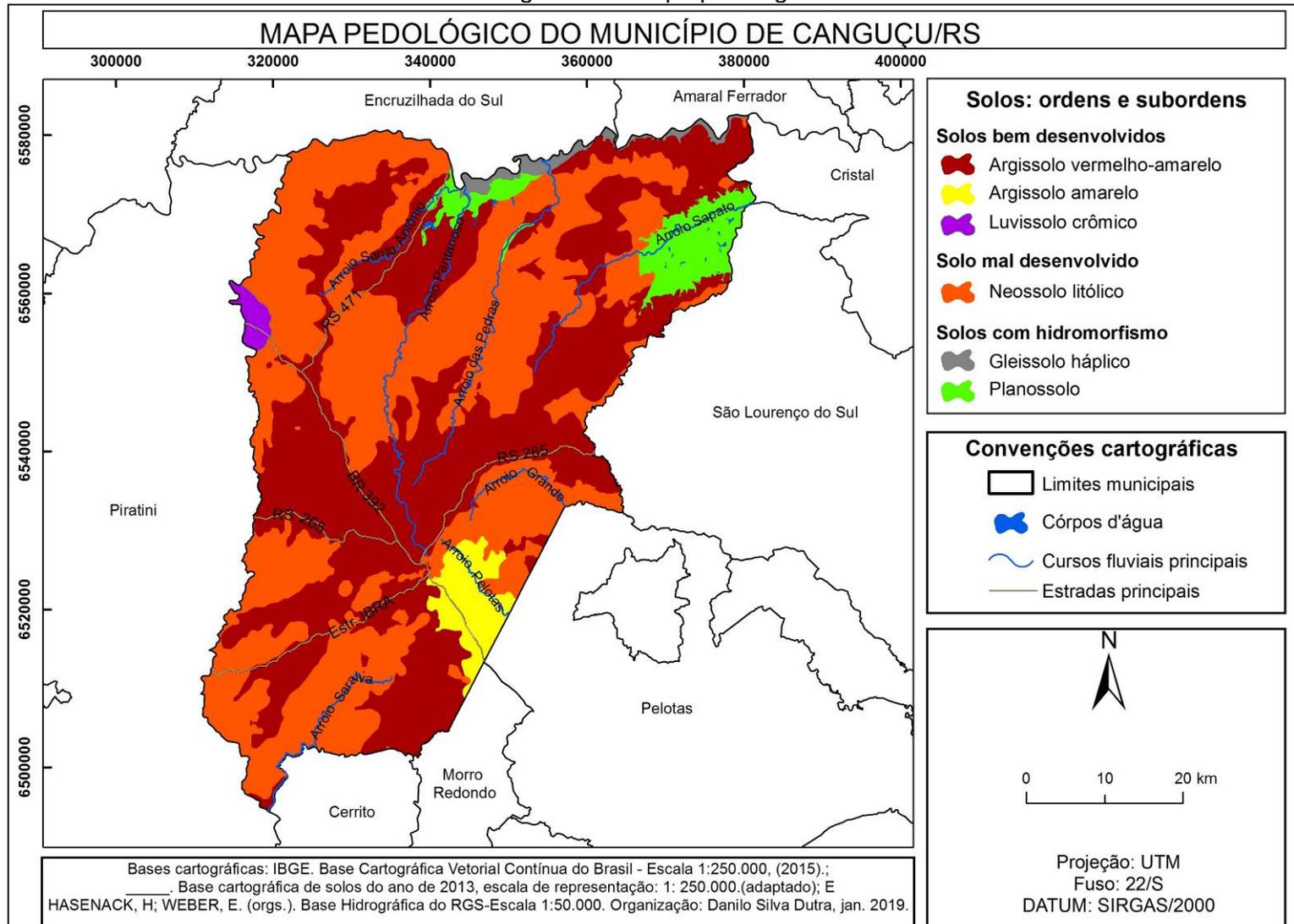
[...] é formado por um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultante da ação integrada do clima e de organismos sobre o material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes em sua formação.

O mapeamento de solos realizado pelo Ministério da Agricultura em 1973 indicou os seguintes tipos de solos para a área de estudo: Podzólicos, Planossolos e Litólicos. De acordo com a última atualização para a conceituação dos tipos de solo, as classes destacadas anteriormente devem ser compreendidas como Argissolos, Planossolos e Neossolos litólicos (BRASIL, 2018). Cunha *et al.* (1997) identificaram o predomínio de Argissolos e Neossolos litólicos.

Em termos gerais, os solos do município de Canguçu podem ser discriminados em três grupos: solos bem desenvolvidos com B textural, onde ocorre o desenvolvimento de um perfil bem definido; solos mal desenvolvidos, onde não se desenvolve perfil de solo; e solos com hidromorfismo. A partir de trabalhos *in loco*, observou-se que os solos bem desenvolvidos com B textural formam os Argissolos vermelho-amarelo ou amarelo e os Luvisolos. Os solos mal desenvolvidos compreendem os Neossolos litólicos. Quanto aos solos com hidromorfismo, têm-se os Planossolos e os Gleissolos.

A partir do mapa de solos preexistentes e da sobreposição do relevo sobre esse mapeamento, realizou-se um refinamento do mapa em questão. A Figura 31 apresenta o mapa simplificado dos solos da área de estudo.

Figura 31 – Mapa pedológico



Organização: O autor (2019).

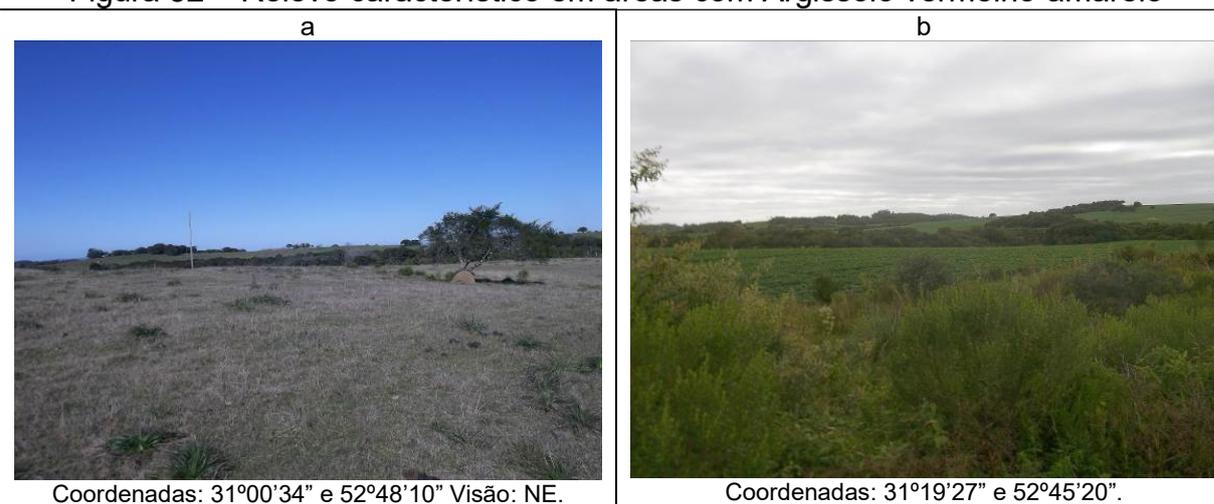
#### 4.4.1 Solos bem desenvolvidos

##### 4.1.1.1 Argissolos vermelho-amarelos

De acordo com Brasil (2018), a classe dos Argissolos apresenta profundidades variáveis, mas, na área de estudo, esses solos, geralmente, não ultrapassam 1 m, passando para um horizonte C com características de saibro.

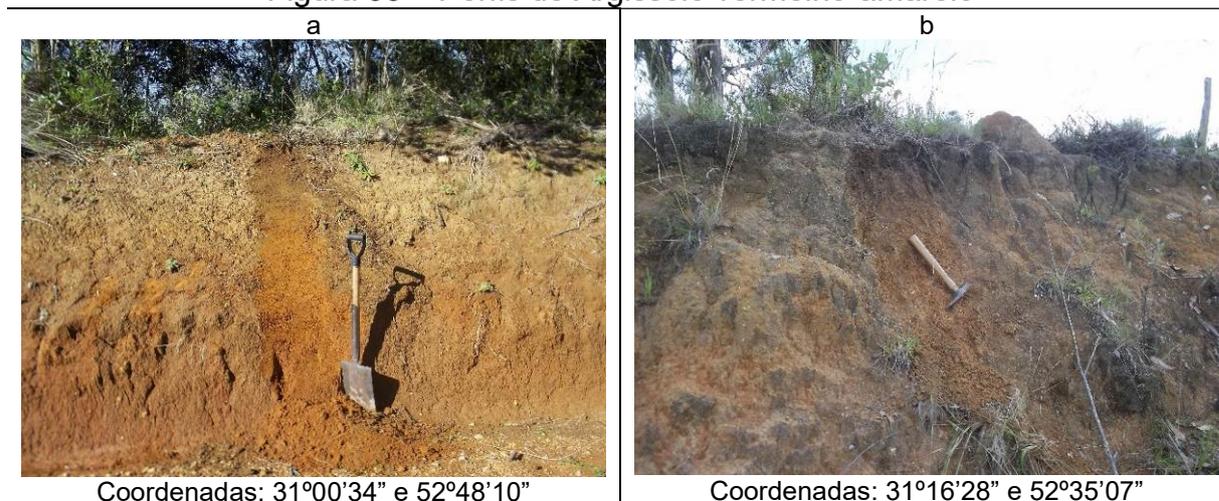
Esses solos compõem grande parte de Canguçu, ocupando uma área de 1546,99 km<sup>2</sup> ou 43,93% e ocorrendo em todas as áreas desse município, onde são bastante utilizados pela agropecuária. Por se situarem em áreas de relevo com declividades pouco a meio acentuadas (Figuras 32 a, b e 33 a, b) estão menos suscetíveis aos processos erosivos.

Figura 32 – Relevo característico em áreas com Argissolo vermelho-amarelo



Fonte: O autor (2019).

Figura 33 – Perfis de Argissolo vermelho-amarelo



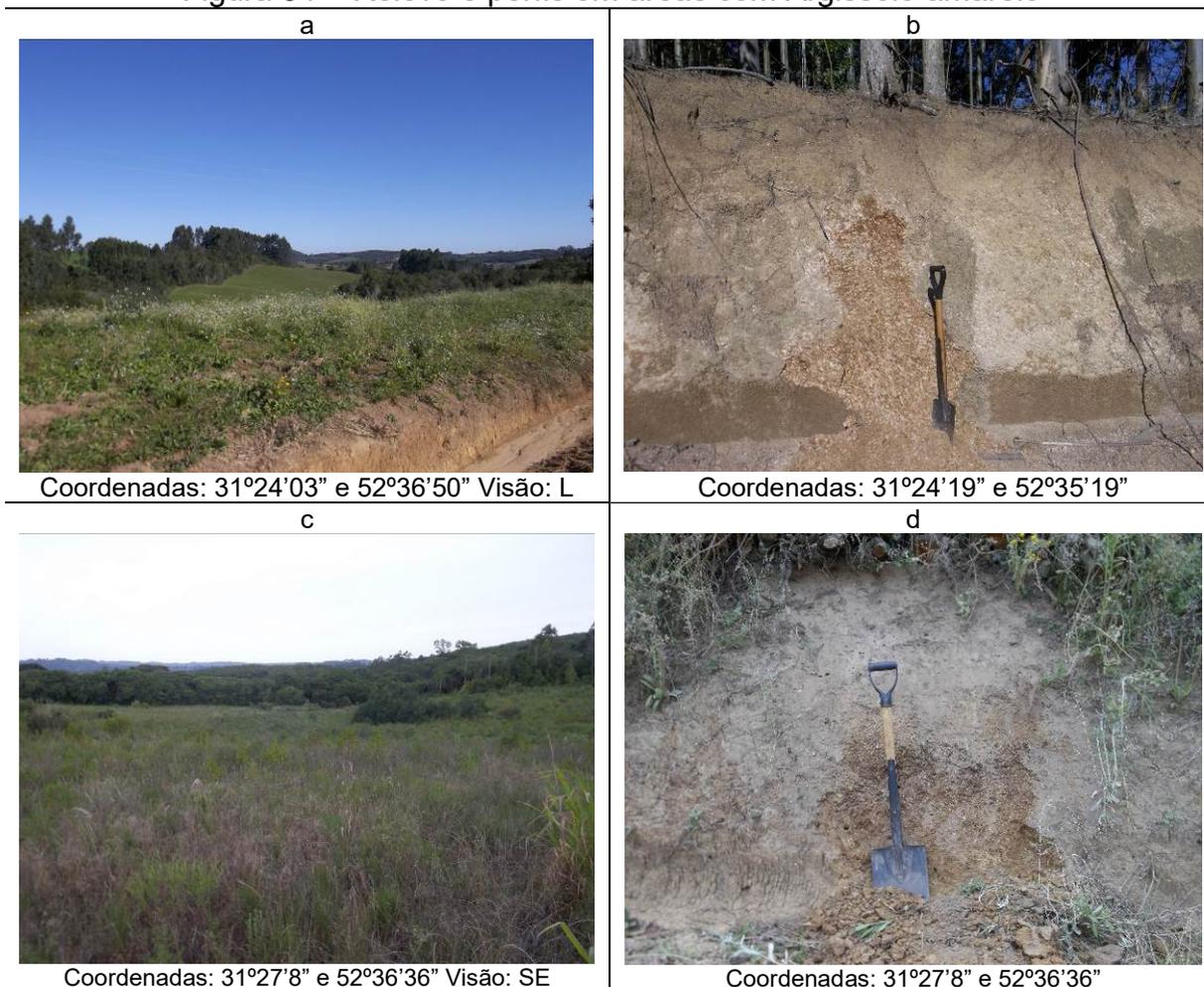
Fonte: O autor (2019).

#### 4.1.1.2 Argissolos amarelos

Esse tipo de solo está presente na porção sudeste da área de estudo, em uma área de 106,93 km<sup>2</sup> ou 3,04% do município, compreendendo principalmente a formação litológica do Granito Arroio Moinho. São solos relativamente desenvolvidos e bastante usados pelos agricultores familiares na produção de fumo e na cultura do pêssego.

A partir de trabalhos *in loco*, observou-se que é um solo mais arenoso e está situado em relevo com declividades médias a baixas. São solos bem drenados (Figura 34 a, b, c, d).

Figura 34 – Relevo e perfis em áreas com Argissolo amarelo



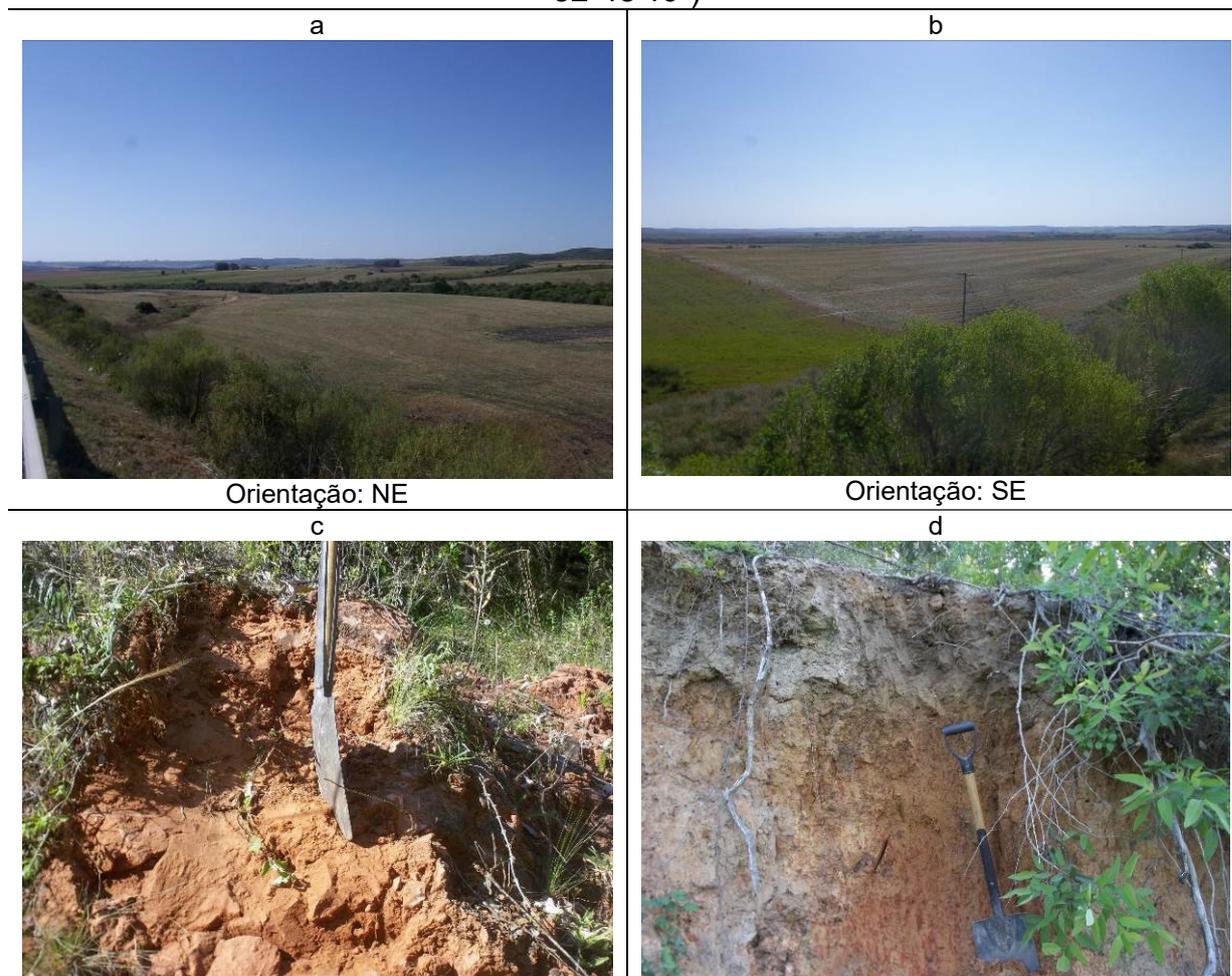
Fonte: O autor (2019).

#### 4.1.1.3 Luvisolos crômicos

Solos de cores vermelhas, que ocorrem em relevo de colinas sobre rochas sedimentares finas com presença de argilo-minerais 2:1. São solos rasos, ou seja, raramente ultrapassam 1 m de profundidade e apresentam mudança textural abrupta.

São representativos de uma pequena área localizada a oeste da área de estudo, ocupando 23,96 km<sup>2</sup> ou 0,68%. Estão associados à formação litológica Sanga do Cabral e apresentam, em sua estrutura, um predomínio da argila. A Figura 35 (a, b, c, d) apresenta relevo e perfis de Luvisolo crômico.

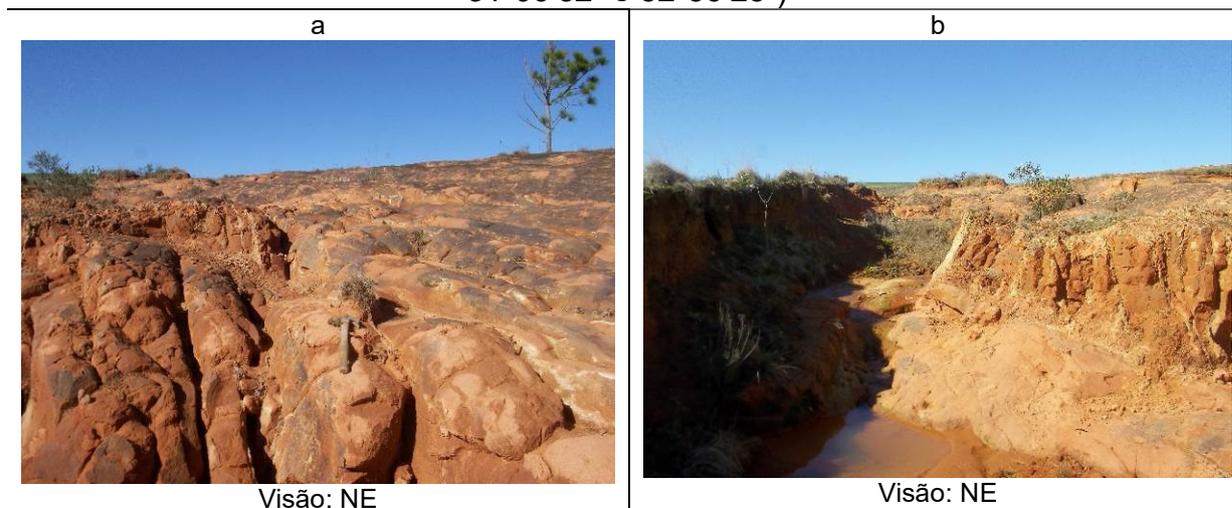
Figura 35 – Relevo e perfis de Luvisso solo crômico (Coordenadas: 31°00'34" e 52°48'10")



Fonte: O autor (2019).

Os principais processos erosivos na área de estudo estão associados a regiões onde é praticada a agricultura, nas quais o solo se encontra exposto, gerando feições erosivas lineares. A classe de solo em questão, quando descoberta de vegetação, facilmente perde seus horizontes, transformando-se em áreas inóspitas para o desenvolvimento da vegetação. Na área de ocorrência dos Luvissoles crômicos, a partir de trabalhos *in loco*, foi observada a formação de processos erosivos lineares (Figura 36 a, b).

Figura 36 – Processos erosivos lineares sobre Luvissole crômico (Coordenadas: 31°06'32" e 52°56'25")



Fonte: O autor (2019).

#### 4.4.2 Solos mal desenvolvidos

##### 4.4.2.1 Neossolos litólicos

Neossolos são solos mal desenvolvidos, formados pelos mais diferentes tipos de rochas (STRECK, 2018). É o solo predominante no município de Canguçu, ocupando uma área de 1650,32 km<sup>2</sup> ou 46,87% e estando distribuído em todas as regiões. Situa-se sobre relevo com as declividades mais acentuadas do município. Portanto, é um solo bastante suscetível aos processos erosivos. Nos locais em que se encontra descoberto ou com vegetação rasteira, o solo sofre constantemente com esses processos.

A partir de trabalhos *in loco*, observou-se que, nos topos de morros, não chega a se desenvolver um horizonte, mas geralmente ocorrem afloramentos rochosos (Figuras 37 a, b e 38 a, b). O relevo inclinado e a pedregosidade dos solos restringem seu uso. Ainda assim, os agricultores familiares usam-no na produção de fumo.

Figura 37 – Relevo característico em área de Neossolo lítólico

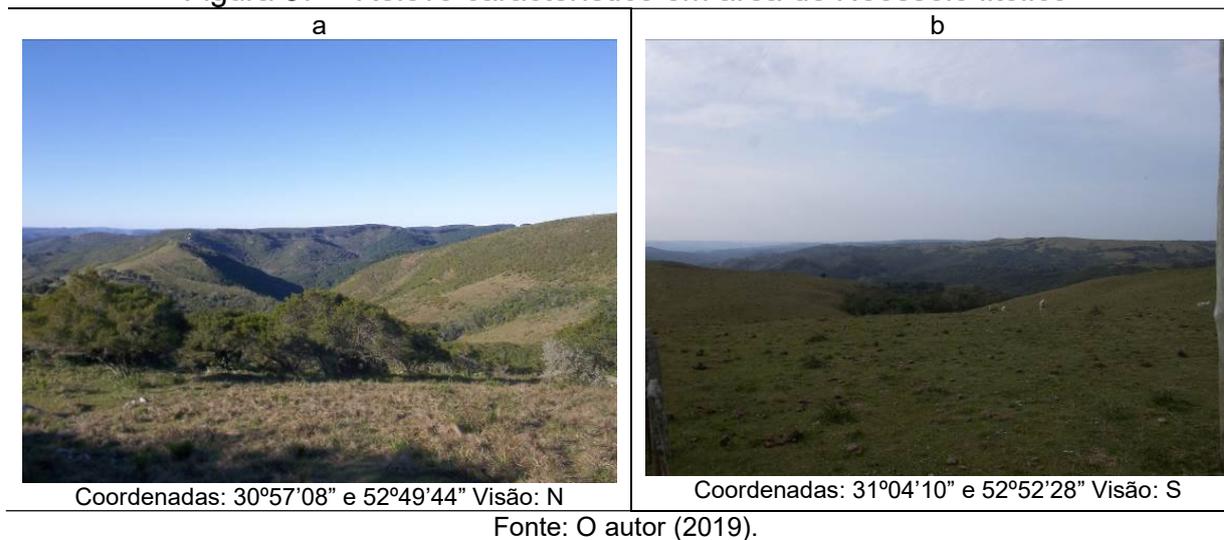
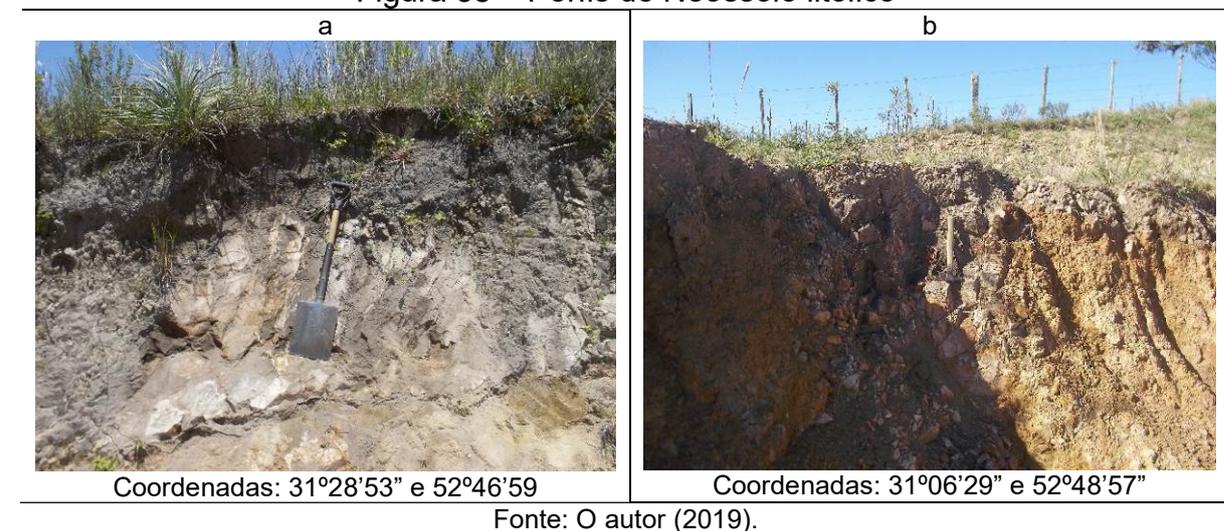


Figura 38 – Perfis de Neossolo lítólico



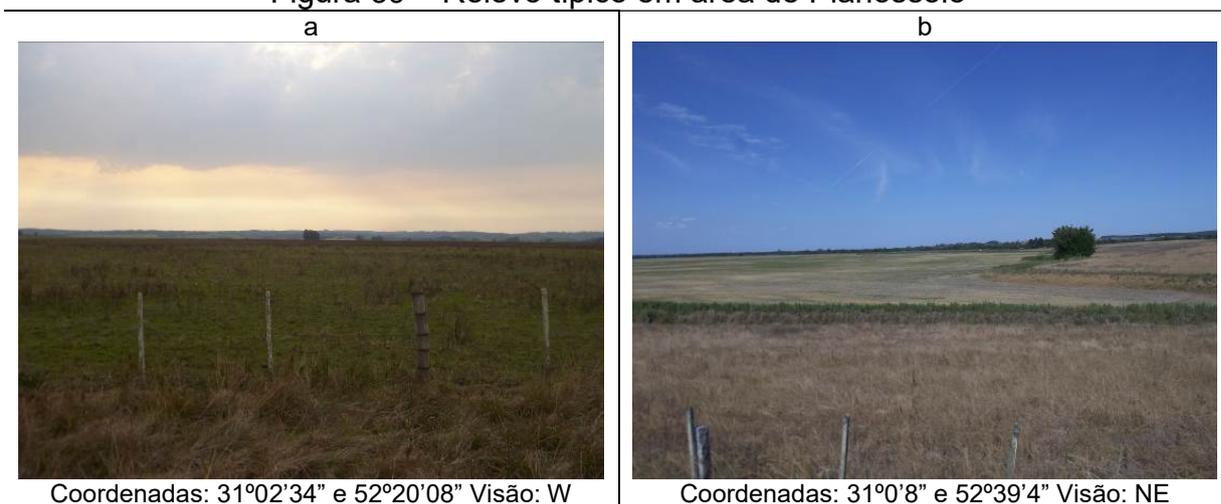
#### 4.4.3 Solos com hidromorfismo

##### 4.4.3.1 Planossolos

Abrangem solos de drenagem deficiente, associados a relevo plano (PALMIERI; LARACH, 2010). Há duas ocorrências de Planossolos na área de estudo, uma a norte, associada às planícies do Rio Camaquã e do Arroio das Pedras, outra a nordeste, associada às planícies do Arroio Sapato, totalizando uma área de 154,08 km<sup>2</sup> ou 4,37%.

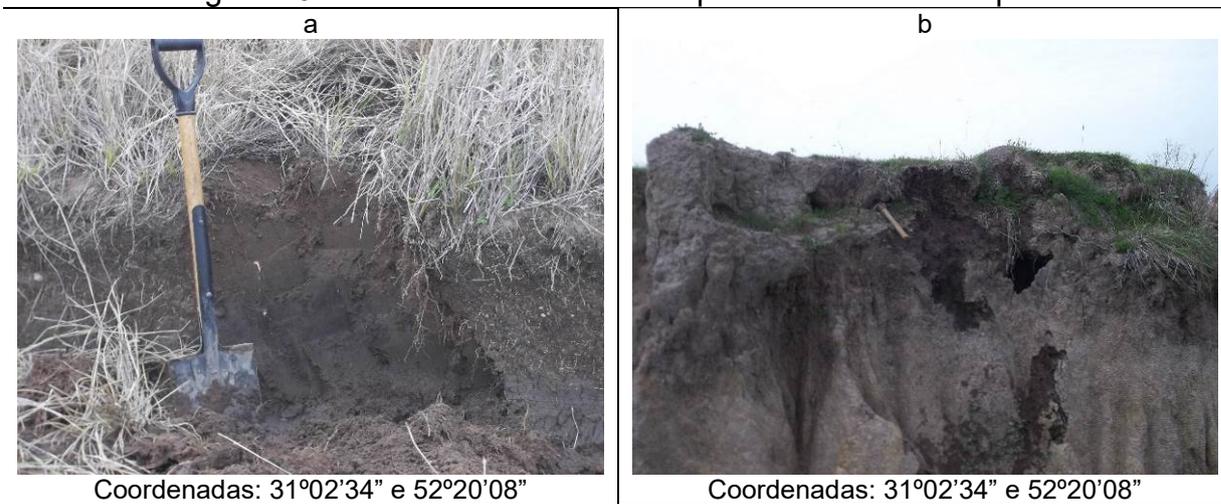
Em sua ocorrência nas planícies do Arroio Sapato, observa-se o aproveitamento desse solo para a criação de gado, enquanto, ao norte da área de estudo, ele é mais utilizado para o cultivo de soja e arroz irrigado. São solos mal drenados (Figuras 39 a, b e 40 a, b).

Figura 39 – Relevo típico em área de Planossolo



Fonte: O autor (2019).

Figura 40 – Planossolo associado à planície do Arroio Sapato



Fonte: O autor (2019).

#### 4.4.3.2 Gleissolos háplicos

São solos hidromórficos, encontrando-se periódica ou permanentemente saturados por água (BRASIL, 2018). Na área de estudo, ocupam área de 39,08 km<sup>2</sup> ou 1,11%.

Estão associados às áreas de planícies do Rio Camaquã, muito próximos a seu leito. Quando utilizados pela agricultura, estão relacionados à orizicultura (Figura 41 a, b).

Figura 41 – Relevo e perfil típicos de um Gleissolo



Fonte: O autor (2019).

## 4.5 ESTUDO DO RELEVO

### 4.5.1 Hipsometria e declividade

No intuito de uma apresentação dos dados quantitativos ou morfométricos do relevo, as altitudes do município foram divididas em cinco classes. Pode-se observar na Tabela 3 que, em Canguçu, predominam as classes com altitudes médias, entre 200 m e 300 m, que equivalem a mais de 31% da área municipal.

Tabela 3 – Informações quantitativas das classes hipsométricas do relevo de Canguçu

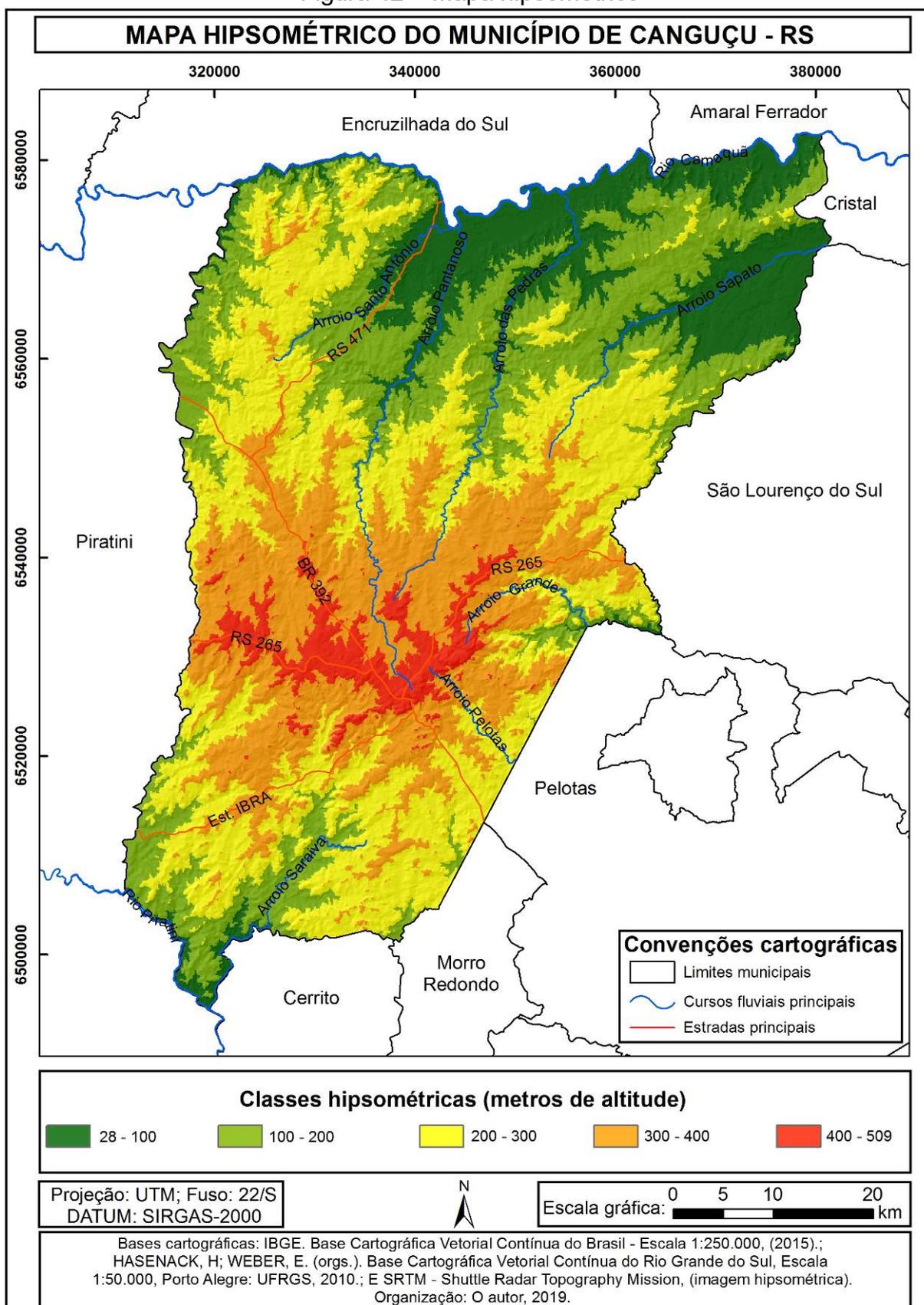
<b>Classes hipsométricas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Distribuição (%)</b>
28 – 100	509,97	14,47
100 – 200	889,14	25,23
200 – 300	1.123,71	31,88
300 – 400	834,08	23,68
400 – 509	167,31	4,74
<b>Total</b>	<b>3524,21</b>	<b>100</b>

Organização: O autor (2019).

Outro aspecto importante em relação à distribuição das classes hipsométricas refere-se às altitudes mais significativas. Nesse caso, destaca-se que as referidas altitudes, acima dos 400 m, não ultrapassam 5% da área de estudo.

Outra leitura importante acerca dos dados hipsométricos refere-se à sua distribuição espacial. As maiores altitudes predominam na região central do município, enquanto as menores estão situadas predominantemente na região norte e na região nordeste, associadas às planícies do Rio Camaquã e do Arroio Sapato (Figura 42).

Figura 42 – Mapa hipsométrico



Organização: O autor (2019).

Para o estudo da inclinação do relevo, apresentam-se as informações relativas às suas declividades. São predominantes, em Canguçu, declividades entre 5% a 15%, as quais equivalem a 2.124,92 km<sup>2</sup> e correspondem a mais de 60% da área desse município (Tabela 4), estando localizadas em praticamente todas as direções.

Por outro lado, a classe de 0% a 2% é a que ocupa a menor área. Essa classe se apresenta em 268,79 km<sup>2</sup>, equivalendo a 7,63% da área de Canguçu (Tabela 4). Estão localizadas, principalmente, em uma faixa do norte e do nordeste de Canguçu, próximo às planícies do Rio Camaquã e do Arroio Sapato.

Consecutivamente, apresenta-se a classe com declividade > 15%, a qual ocupa 398,85 km<sup>2</sup> ou 11,32% (Tabela 4). Estão localizadas ao longo de praticamente todas as direções do município, mas são mais expressivas no noroeste, no centro-sul e, também, no leste, próximo ao limite com os municípios de São Lourenço do Sul e Pelotas.

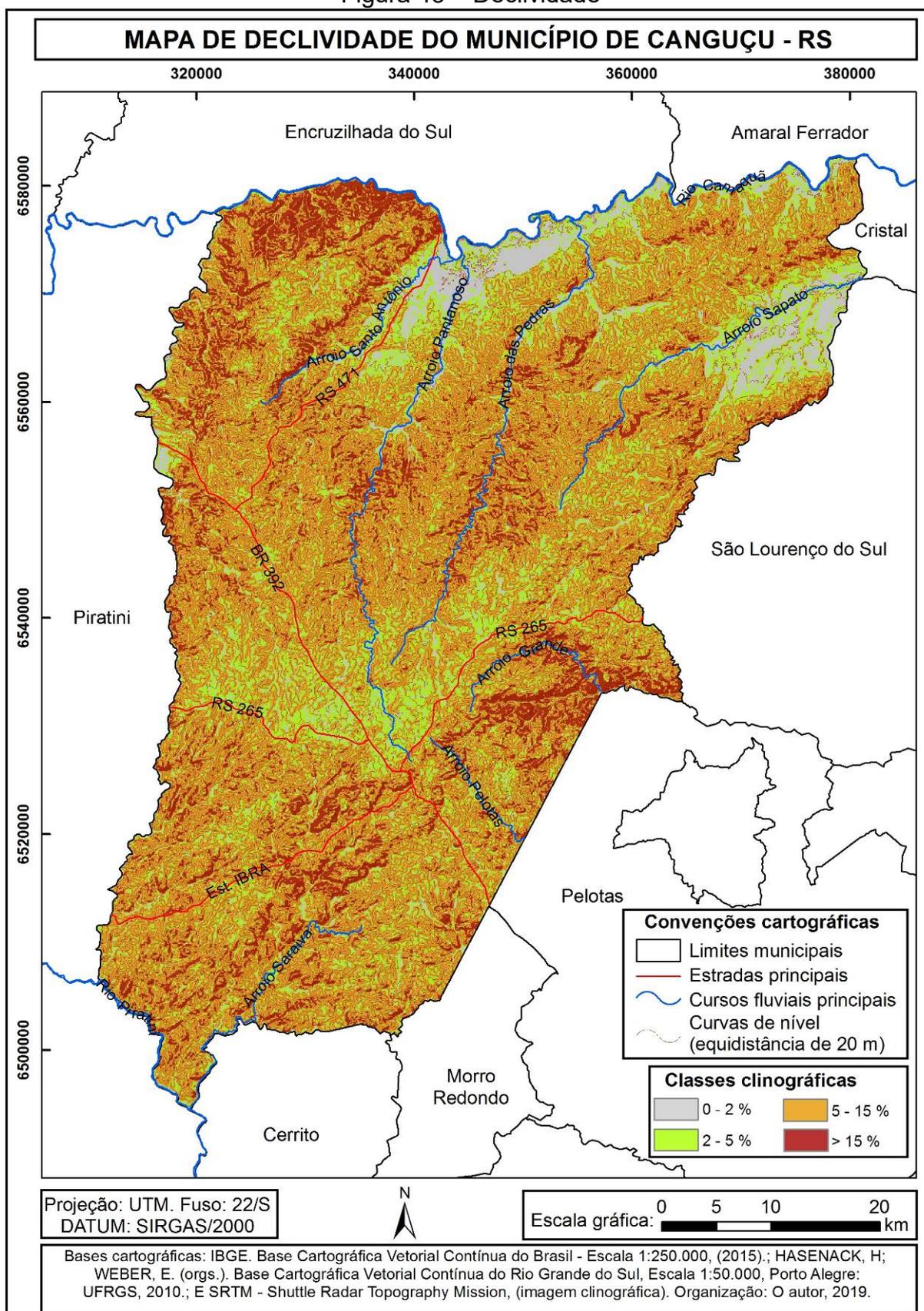
A classe de declividade entre 2% a 5%, que se apresenta em 731,67 km<sup>2</sup> ou 20,76% da área de Canguçu (Tabela 4), também está distribuída em praticamente todas as direções do município (Figura 43).

Tabela 4 – Informações quantitativas das classes de declividade

<b>Classes de declividade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Distribuição (%)</b>
<b>0 – 2</b>	268,79	7,63
<b>2 – 5</b>	731,67	20,76
<b>5 – 15</b>	2124,92	60,29
<b>&gt; 15</b>	398,85	11,32
<b>Total</b>	3524,23	100

Organização: O autor (2019).

Figura 43 – Declividade



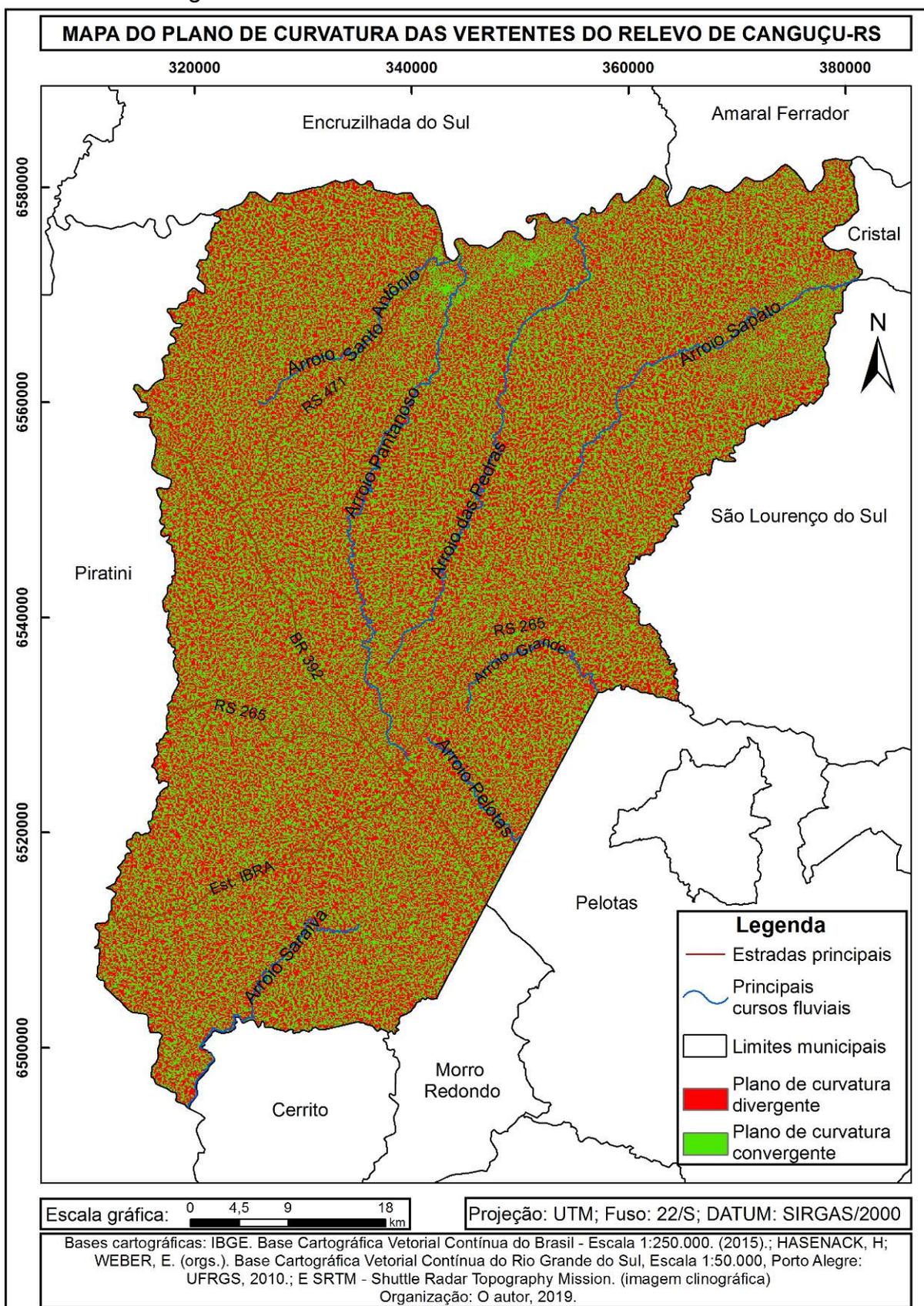
Fonte: O autor (2019).

## **4.5.2 Curvatura das vertentes do relevo**

### 4.5.2.1 Plano de curvatura das vertentes do relevo

A área de estudo caracteriza-se por um plano de curvatura predominantemente formado por vertentes convergentes, com área de 1.785,76 km<sup>2</sup> ou 50,67%. Por outro lado, as vertentes divergentes representam 1.738,47 km<sup>2</sup> ou 49,33%. O mapa do plano de curvatura das vertentes pode ser visualizado na Figura 44.

Figura 44 – Plano de curvatura das vertentes do relevo



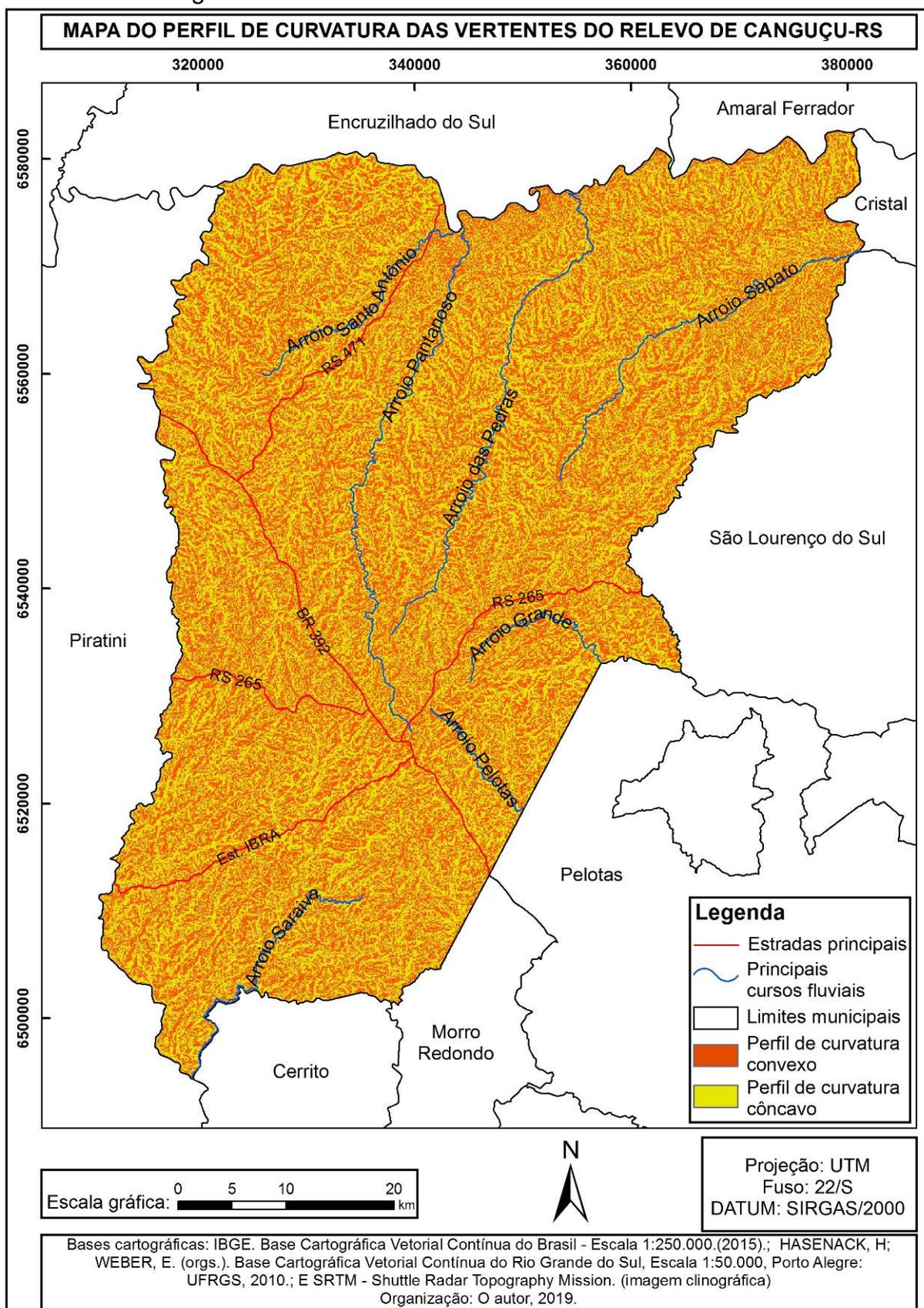
Organização: O autor (2019).

As vertentes convergentes são representativas dos vales fluviais, isto é, da baixa vertente, onde os fluxos de água e matéria se concentram. Por outro lado, as vertentes divergentes são representativas da média e da alta vertentes, onde os fluxos de água e matéria divergem. O leve predomínio dos tipos de vertentes convergentes explica a significativa densidade fluvial da área de estudo.

#### 4.5.2.2 Perfil de curvatura do relevo

Na área de estudo, apresenta-se um padrão de perfil de curvatura predominantemente formado por vertentes côncavas, com área de 1.856,30 km<sup>2</sup> ou 52,67%. Por outro lado, as vertentes convexas representam 1.667,92 km<sup>2</sup> ou 47,33%. A representação desse mapa está na Figura 45.

Figura 45 – Perfil de curvatura das vertentes do relevo



Organização: O autor (2019).

O predomínio de vertentes côncavas na área de estudo se justifica pelo grau de dissecação do relevo, visto que elas representam a maior parte dos vales fluviais, das nascentes e/ou das cabeceiras de drenagem. As vertentes convexas são representativas da média e da alta vertentes das formas do relevo em colinas, morrotes e morros, onde os processos morfogenéticos são significativos.

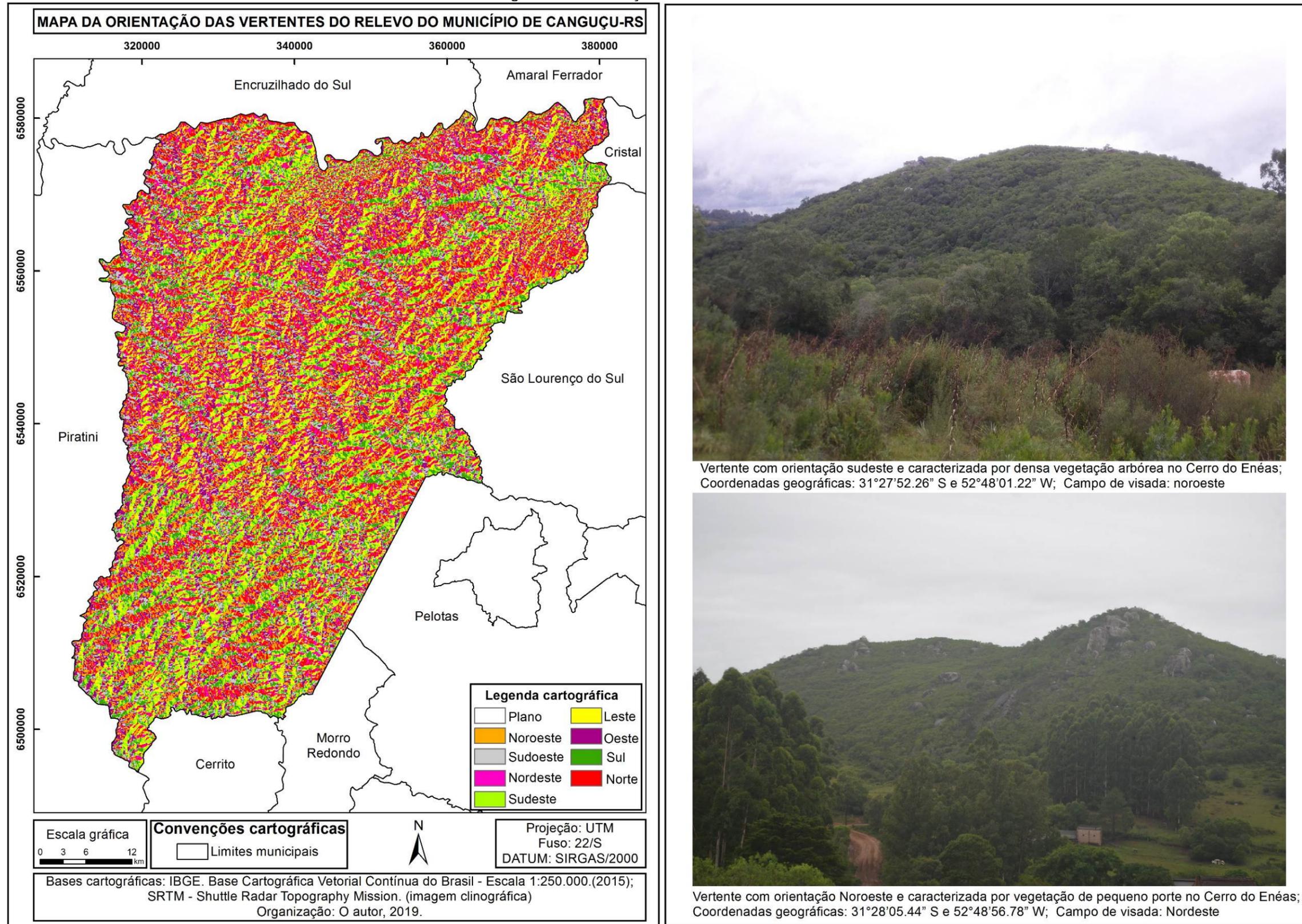
#### **4.5.3 Orientação das vertentes do relevo**

São predominantes na área de estudo as vertentes com orientação Noroeste, as quais compreendem área de 535,81 km<sup>2</sup> ou 15,20%, enquanto as menos representativas são as vertentes de orientação plana, com área de 2,01 km<sup>2</sup> ou 0,05% de Canguçu. As demais vertentes apresentam-se com as seguintes áreas: Oeste (487,76 km<sup>2</sup> ou 13,84%); Norte (464,23 km<sup>2</sup> ou 13,16%); Leste (448,52 km<sup>2</sup> ou 12,74%); Sudeste (444,39 km<sup>2</sup> ou 12,62%); Nordeste (421,20 km<sup>2</sup> ou 11,96%); Sul (375,55 km<sup>2</sup> ou 10,65%); e Sudoeste (344,74 km<sup>2</sup> ou 9,78%).

No Hemisfério Sul, as vertentes viradas para sul e leste são mais frias e úmidas em relação às vertentes com orientações para norte e oeste (PALMIERI; LARACH, 2010).

Esses fatos se refletem no desenvolvimento da vegetação, pois aquelas vertentes com orientações sul e leste apresentam vegetações mais densas, enquanto as vertentes com orientações norte e oeste apresentam maior insolação e, por consequência, vegetações menos densas (Figura 46). O mapa da espacialização da orientação das vertentes do relevo da área de estudo é mostrado na Figura 46.

Figura 46 – Orientação das vertentes do relevo



Organização: O autor (2019).

Conforme o mapa destacado anteriormente, no sul da área de estudo há um predomínio de vertentes voltadas para sul e sudeste. Do centro para o norte, há predomínio de vertentes viradas para norte e nordeste.

As vertentes com maior insolação (N, NO, O, SO) são predominantes, ocupando uma área de 1832,54 km<sup>2</sup> ou 51,99% da área de estudo. As vertentes com menor insolação (S, SE, L e NE) têm área de 1689,66 km<sup>2</sup> ou 47,94%.

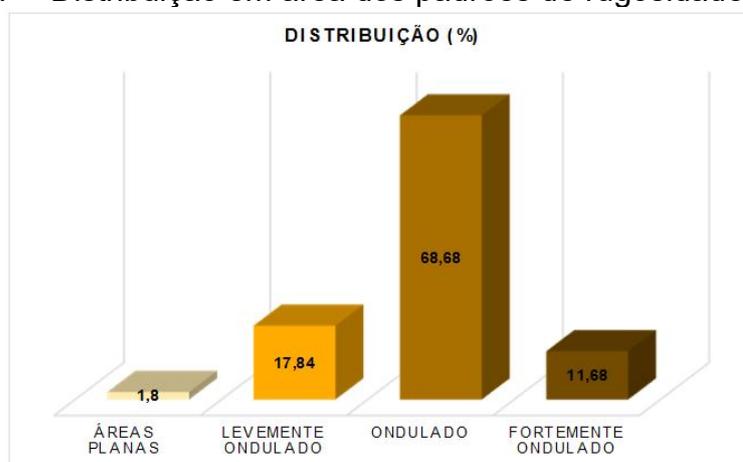
Analisando esses dados ainda mais criteriosamente, a área das vertentes com orientações norte e oeste compreendem 951,99 km<sup>2</sup> ou 27% da área de estudo. As orientações de vertentes para leste e sudeste são relativamente menos expressivas, ocupando uma área de 892,91 km<sup>2</sup> ou 25,34%. Esses fatos vão refletir principalmente no desenvolvimento dos solos da área de estudo e, por conseguinte, nas coberturas vegetais e nos cultivos.

## 4.6 COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO

### 4.6.1 Análise dos padrões homogêneos da rugosidade do relevo

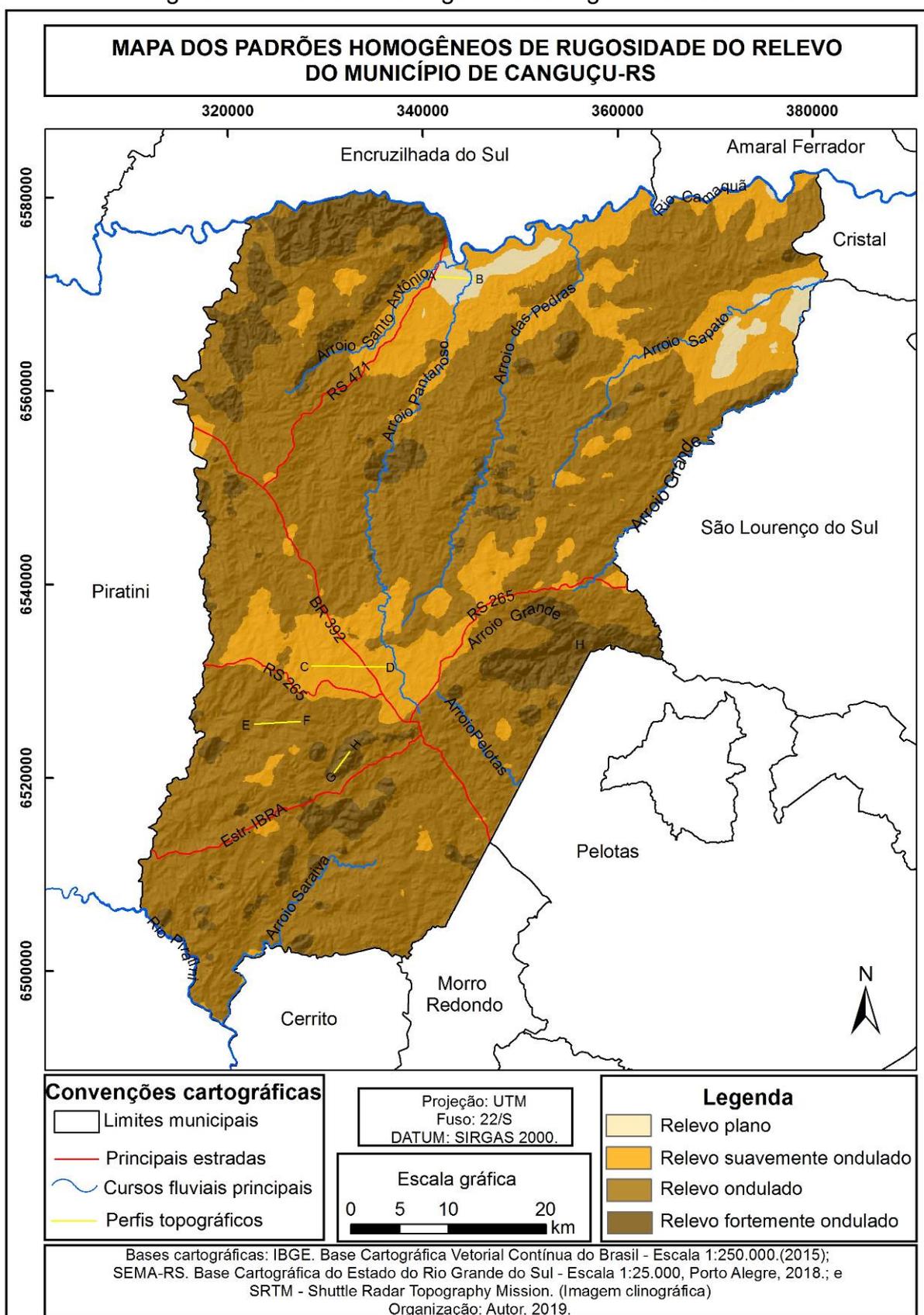
A área de estudo está caracterizada, predominantemente, pelo padrão de relevo ondulado, com área de 2.420,70 km<sup>2</sup> ou mais de 68% da área municipal. Em outro extremo aparecem as áreas planas ocupando menos de 2% do município. Na Figura 47 temos a quantificação e na Figura 48 a espacialização dos padrões da rugosidade do relevo municipal.

Figura 47 – Distribuição em área dos padrões de rugosidade do relevo



Organização: O autor (2019).

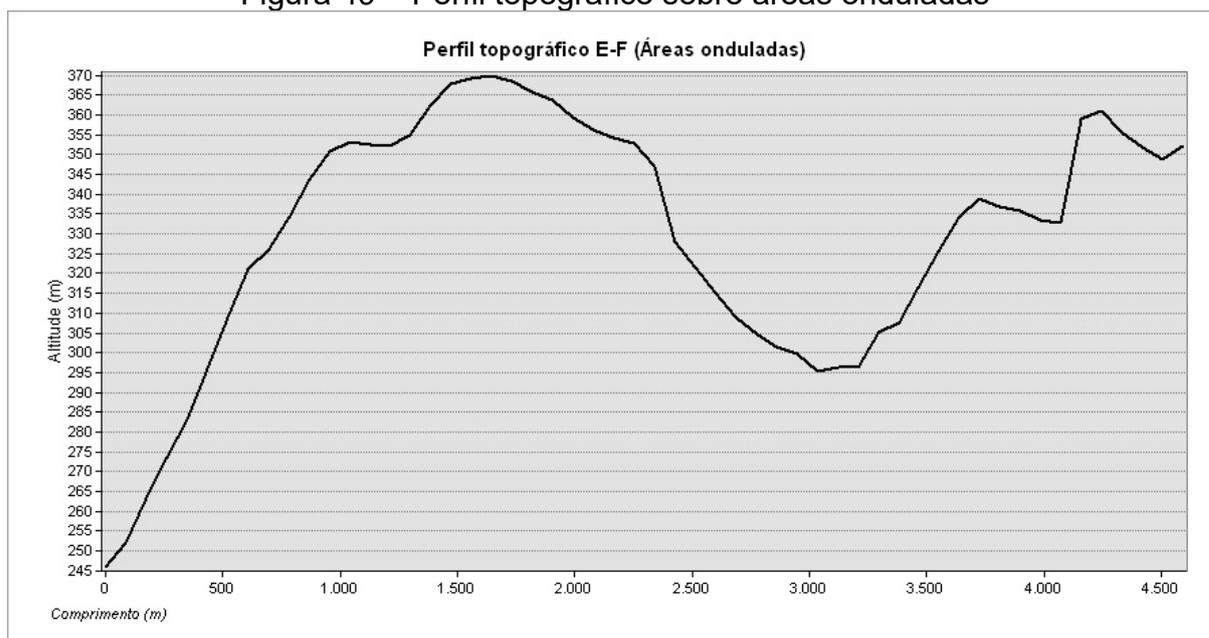
Figura 48 – Padrões homogêneos da rugosidade do relevo



Fonte: O autor (2019).

O padrão de relevo ondulado (perfil da Figura 49), com declividades entre 6% e 12%, ocorre sobre maciços graníticos com diferentes fases de intrusão e com resistências aos processos de intemperismo, associados às características de seus componentes, e da drenagem interna, associada ao grau de fraturamento (Figura 50).

Figura 49 – Perfil topográfico sobre áreas onduladas



Organização: O autor (2019).

Figura 50 – Relevo ondulado na localidade do Passo da Maria Antônia (Coordenadas Geográficas: 31°30'48"S e 52°56'4"W; Orientação: NW)

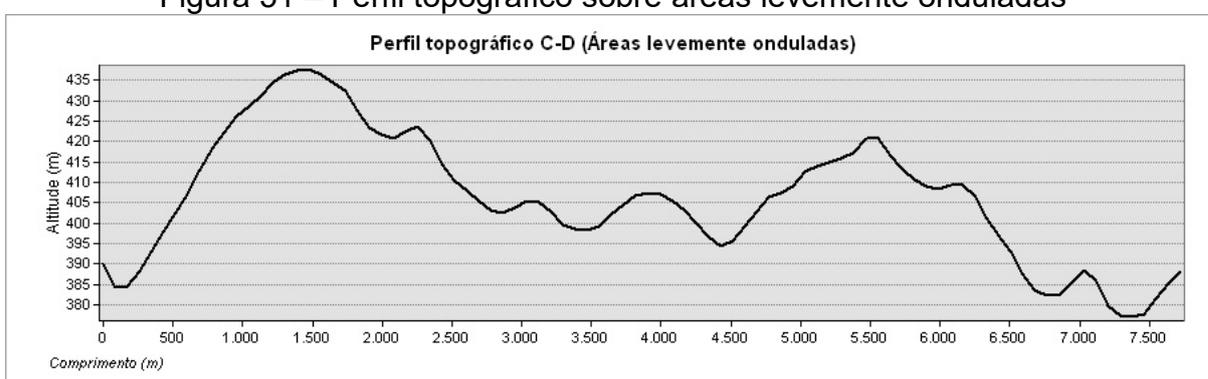


Fonte: Trentin (2019).

Com a segunda maior área, destaca-se o padrão de relevo levemente ondulado, conforme perfil da Figura 51, com área de 628,88 km<sup>2</sup> ou 17,84% da área municipal (Figura 47). Esse padrão compreende declividades entre 2% e 6%, estando concentrado, sobretudo, no centro, no norte e no nordeste do município.

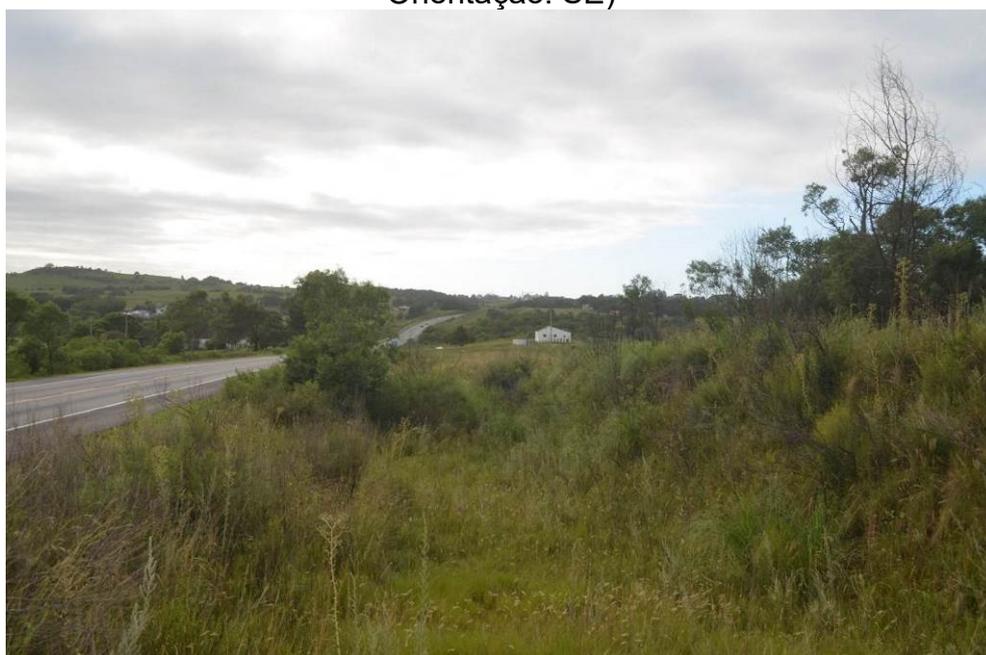
Na porção central da área de estudo, esse padrão de relevo ocorre na região das maiores altitudes de Canguçu, onde se apresentam os divisores de água das Bacias dos Rios Piratini e Camaquã (Figura 52).

Figura 51 – Perfil topográfico sobre áreas levemente onduladas



Organização: O autor (2019).

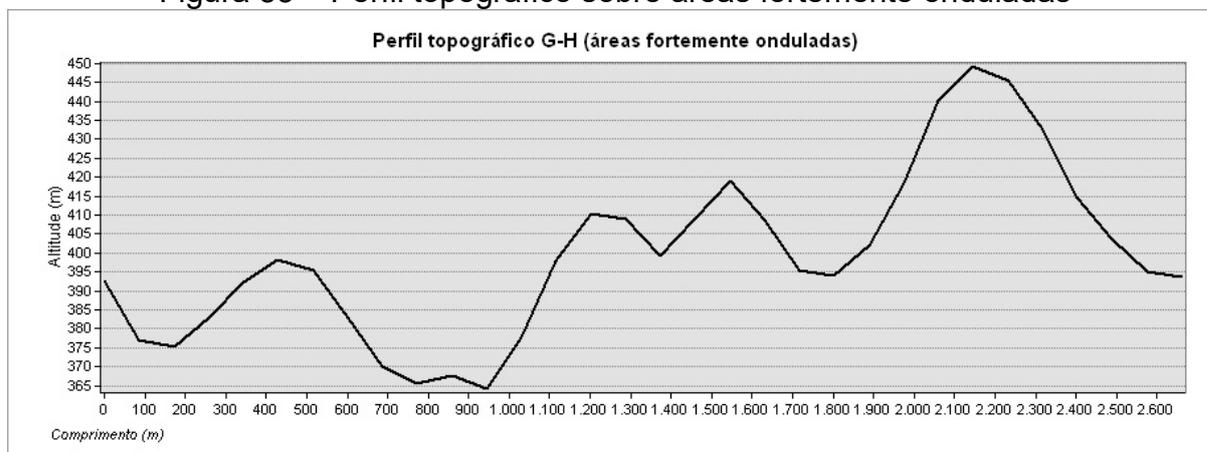
Figura 52 – Relevo levemente ondulado no divisor das Bacias Hidrográficas dos Rios Piratini e Camaquã (Coordenadas Geográficas: 31°20'28"S e 52°43'40"W; Orientação: SE)



Fonte: Trentin (2019).

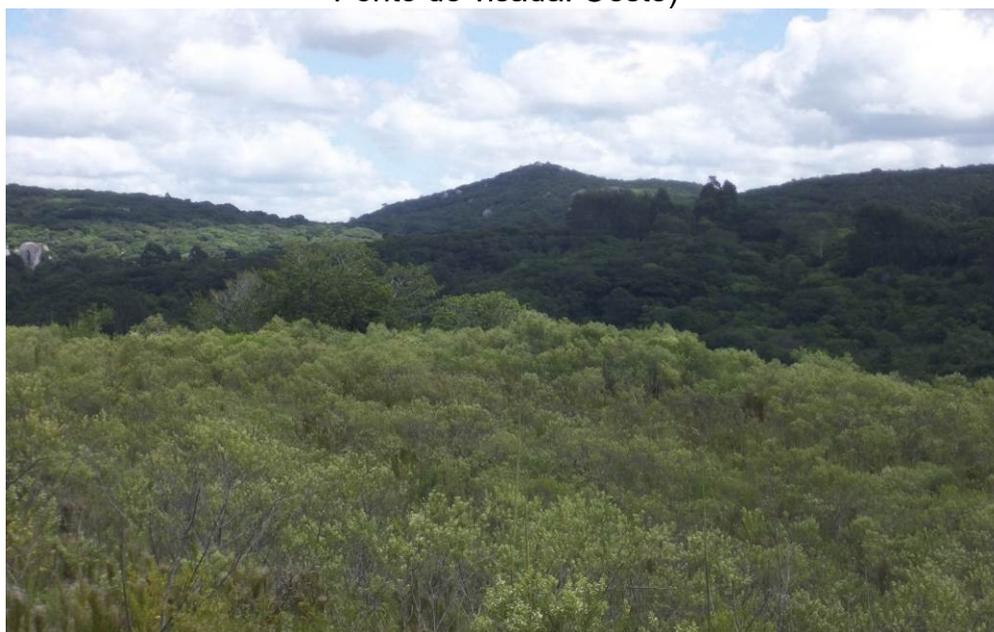
O padrão de relevo fortemente ondulado, conforme perfil da Figura 53, com área de 411,82 km<sup>2</sup> ou 11,68% da área de estudo (Figura 47), o qual compreende declividades acima de 12%, está localizado em todas as direções da área de estudo, estando mais concentrado, porém, no noroeste, no leste-sudeste e no centro-sul. Nessa última área de ocorrência, são representativos de afloramentos de rochas e campos com blocos e matacões (Figura 54).

Figura 53 – Perfil topográfico sobre áreas fortemente onduladas



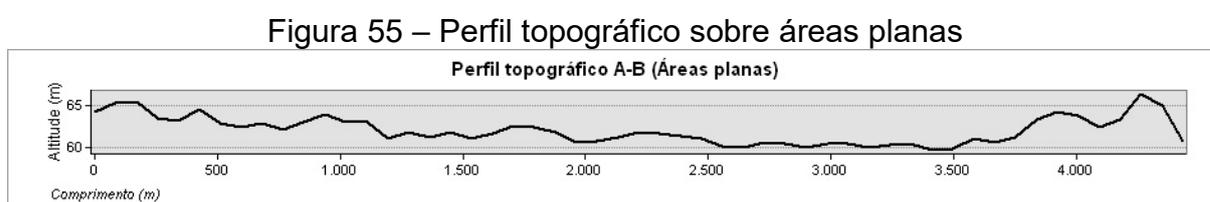
Organização: O autor (2019).

Figura 54 – Relevo fortemente ondulado com afloramentos rochosos na localidade do Cerro da Boneca (Coordenadas Geográficas: 31°26'04.82"S e 52°44'48.84"W; Ponto de visada: Oeste)

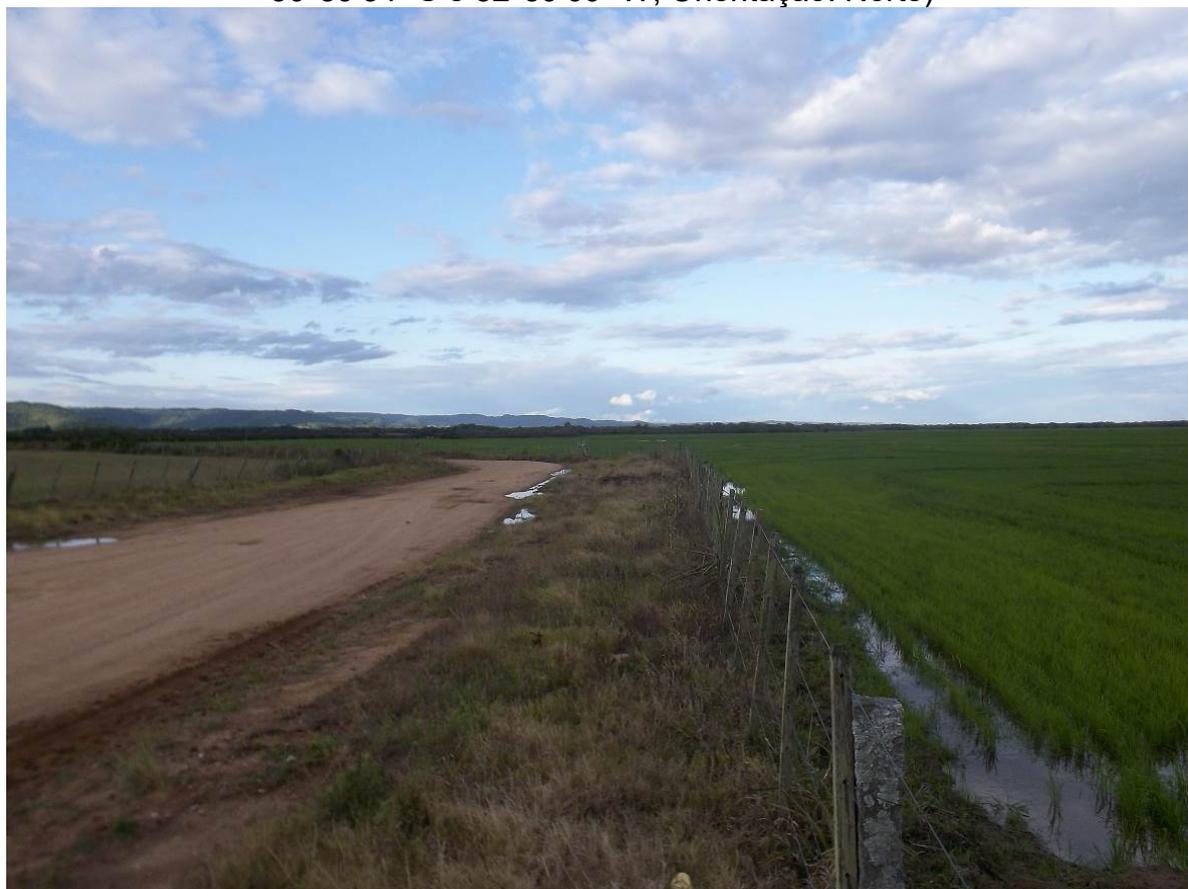


Fonte: O autor (2019).

Quanto à menor área, destacam-se as áreas planas, conforme perfil da Figura 55, as quais ocupam 63,30 km<sup>2</sup> ou 1,80% da área de estudo (Figura 47). As áreas planas, que compreendem declividades de até 2%, estão concentradas em duas áreas de ocorrência, no norte e no nordeste do município. São representadas, ao norte, pelos Depósitos Aluvionares do Rio Camaquã e, na porção nordeste, associadas aos Depósitos Eluviais e Coluviais próximos ao Arroio Sapato (Figura 56).



**Figura 56 – Área plana próxima ao Rio Camaquã (Coordenadas geográficas: 30°59'34" S e 52°39'00" W; Orientação: Norte)**



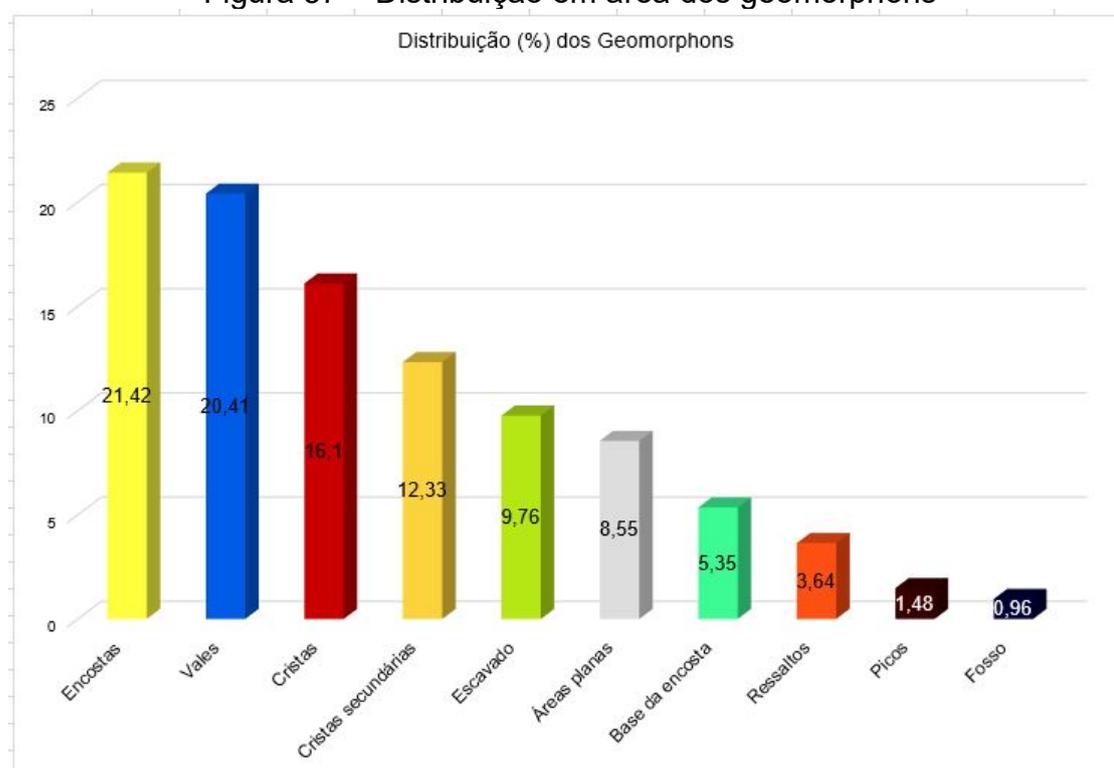
Fonte: O autor (2019).

#### 4.6.2 Elementos do relevo (*geomorphons*)

Na área de estudo, predominam os elementos de relevo em **encostas**, com área de 754,83 km<sup>2</sup> ou pouco menos de 22% do município. Situam-se, predominantemente, em declividades acima de 2% e estão bem distribuídos em toda a área de estudo, com exceção das áreas com declividades menores que 2%. São elementos do relevo que, do ponto de vista socioambiental, são mais apropriados para as práticas agropecuárias, pois encontram-se mais afastadas dos cursos fluviais e dos elevados topográficos.

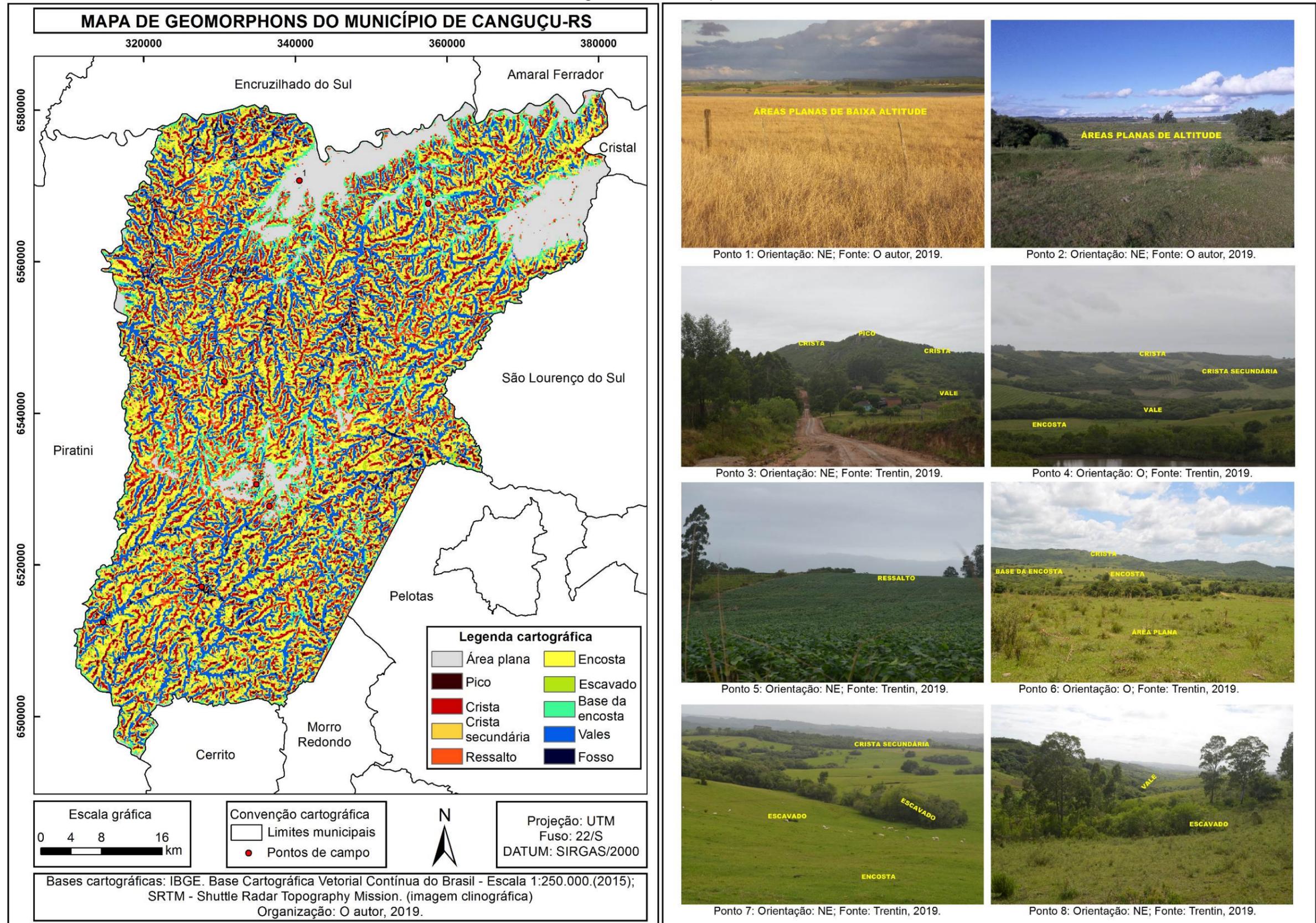
Com a segunda maior área, destacam-se os elementos do relevo em **vales**, os quais ocupam 719,42 km<sup>2</sup> ou quase 21% da área de estudo. Representam áreas bastante amplas, inclusive nos cursos fluviais de primeira e segunda ordens. Com exceção das áreas planas, são elementos bastante presentes em toda a área de estudo, o que também demonstra o grau de dissecação do relevo municipal. Na Figura 57, apresenta-se a distribuição dos *geomorphons* e, na Figura 58, a localização dos *geomorphons* na área de estudo.

Figura 57 – Distribuição em área dos geomorphons



Organização: O autor (2019).

Figura 58: Geomorphons



Organização: O autor (2019).

Com uma área bastante expressiva, destacam-se os elementos de relevo em **cristas**, os quais ocupam 567,42 km<sup>2</sup> ou 16,10% da área de estudo. Esses elementos constituem, sobretudo, o terço superior das vertentes e o topo das formas de relevo em colinas, morrotes e, principalmente, morros. Estão distribuídos em todas as direções, mas são muito pouco representativos no centro e em uma faixa do norte e do nordeste do município.

Com área relativamente expressiva, distribuindo-se por praticamente todo o município, com exceção de uma faixa no centro, no norte e no nordeste, destacam-se os elementos em **cristas secundárias**, os quais ocupam área de 434,49 km<sup>2</sup> ou 12,33% de Canguçu. São elevações topográficas de altitudes menores que as cristas e constituem, sobretudo, os divisores de água, constituindo-se por declividades entre 5% e 15%.

Ocupando área de 343,84 km<sup>2</sup> ou pouco mais de 9,76% da área de estudo, apresentam-se os elementos de relevo em **escavado**, os quais se distribuem próximo a cursos fluviais, constituindo áreas úmidas e cabeceiras de drenagem. São elementos comuns em todo o município e em diferentes altitudes e declividades, com exceção das áreas planas.

As **áreas planas**, que ocupam 301,17 km<sup>2</sup> ou 8,55% da área de estudo, estão bastante concentradas em três áreas específicas: centro, norte e nordeste do município. Ao centro, representam o divisor de águas das Bacias dos Rios Piratini e Camaquã; a norte e a nordeste, representam, respectivamente, Depósitos Aluvionares e Elúvio-Coluvionares.

Do ponto de vista do uso e da ocupação, nas faixas norte e nordeste, onde se registram as menores altitudes do município, as áreas planas representam áreas pantanosas, as quais são utilizadas para o cultivo de arroz irrigado e, em alguns casos, para o plantio de soja. Na parte central, onde se registram as maiores altitudes do município, os elementos planos são intensamente utilizados para o cultivo de soja.

Com uma área de 188,48 km<sup>2</sup>, o que representa 5,35% da área de estudo, destacam-se os elementos de relevo em **base da encosta**. Estão localizados, predominantemente, no centro, no norte e no nordeste do município, constituindo as áreas de transição entre relevo levemente ondulado e relevo ondulado. Indicam áreas bastante dissecadas.

Ocupando área de 128,20 km<sup>2</sup> ou 3,64% da área de estudo, destacam-se os elementos de relevo em **ressaltos**, os quais se localizam, principalmente, na região central do município. São elementos do relevo que representam, predominantemente, divisores de água das porções menos onduladas da área de estudo, indicativos de porções de maior resistência rochosa.

Ocupando a segunda menor área de Canguçu, destacam-se os elementos do relevo em forma de **picos**, que ocupam 52,29 km<sup>2</sup> ou 1,48% da área de estudo. Distribuem-se, com exceção do centro, do norte e do nordeste, por praticamente todas as demais áreas. Apesar de a área de estudo compreender um relevo ondulado, a baixa ocorrência desses elementos se deve ao fato de a área de estudo ser muito antiga e, portanto, ter sofrido a atuação dos processos morfogenéticos.

Ainda com relação a esses elementos do relevo, observa-se maior concentração de picos no noroeste da área de estudo, região onde ocorrem declividades bastante acentuadas, nas proximidades do Rio Camaquã. Esses elementos também indicam áreas de maior resistência rochosa.

Por fim, os elementos de relevo em forma de **fosso** ocupam 33,77 km<sup>2</sup> ou menos de 1% da área de estudo. Portanto, são os elementos de relevo menos representativos. Estão situados, principalmente, ao longo dos cursos fluviais de quarta e quinta ordens. Mais precisamente, esses elementos de relevo ocorrem em partes dos canais onde se formam meandros e, também, planícies de inundação das áreas mais rebaixadas dos cursos fluviais.

#### **4.6.3 Análise das unidades geomorfométricas das vertentes do relevo**

Os dados de altitude, declividade e características das vertentes do relevo permitiram identificar no município de Canguçu doze unidades morfométricas.

As altitudes no município variam de 509 m, em sua porção central, até altitudes de 28 m no extremo norte, associadas ao Rio Camaquã, sendo a altitude média de 268 m. As unidades I a VI correspondem à área do município com altitudes maiores que a média, enquanto as unidades VII a XII equivalem à área do município com altitudes menores que a média. A distribuição quantitativa das unidades morfométricas podem ser observadas na Tabela 5. A distribuição espacial pode ser observada na Figura 59, para as seis primeiras unidades, e na Figura 60, para as seis últimas unidades.

Tabela 5 – Informações quantitativas das unidades morfométricas das vertentes do relevo

Unidades morfométricas das vertentes do relevo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Unidade I	667,02	18,92
Unidade II	216,35	6,14
Unidade III	507,9	14,41
Unidade IV	236,62	6,71
Unidade V	61,63	1,75
Unidade VI	158,05	4,48
Unidade VII	564,19	16,01
Unidade VIII	216,43	6,14
Unidade IX	347,93	9,88
Unidade X	318,2	9,02
Unidade XI	76,2	2,16
Unidade XII	154,25	4,38
Total	3524,77	100

Organização: O autor (2019).

Uma primeira análise a se fazer sobre as unidades das vertentes é a de que, nas unidades I, II e III, as declividades são superiores a 5%, caracterizando porções das vertentes onde os processos morfogenéticos passam a ser importantes.

A unidade I predomina na área de estudo, com área de 667,02 km<sup>2</sup> ou 18,92%. Apresenta altitudes maiores que a média, declividades superiores a 5% e vertentes com curvatura plano convergente. Essa unidade caracteriza-se, predominantemente, como as nascentes dos canais fluviais de primeira ordem.

A unidade II cobre 216,35 km<sup>2</sup> ou 6,14% do município. Apresenta altitudes maiores que a média e declividades maiores que 5%, vertente com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Encontra-se localizada de forma descontínua ao longo dos interflúvios, caracterizando-se como áreas dispensoras dos fluxos de água das áreas mais altas de Canguçu.

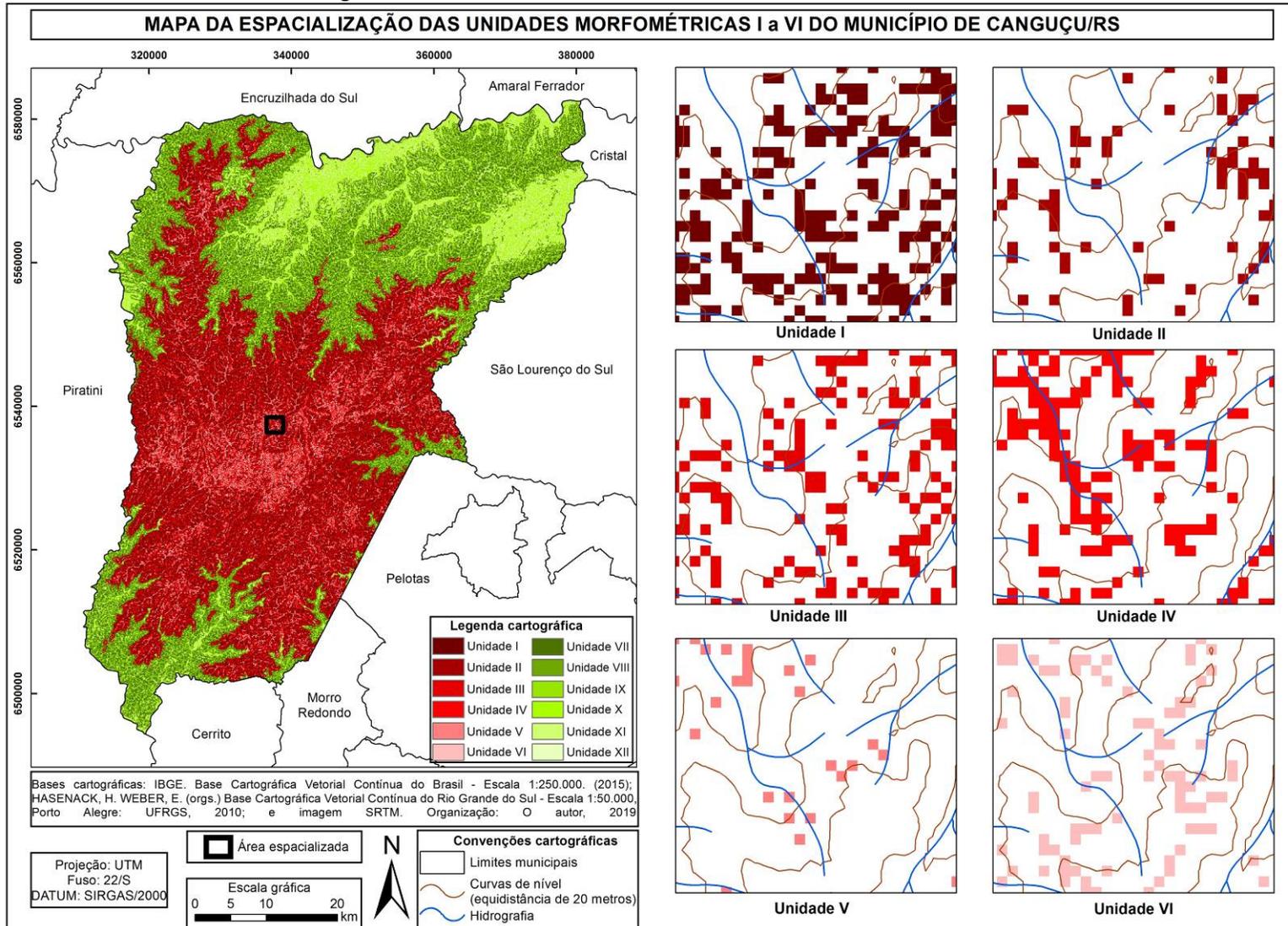
A unidade III ocupa área de 507,9 km<sup>2</sup> ou 14,41%, o que constitui uma área bastante expressiva. Essa unidade está localizada de forma adensada ao longo de praticamente todos os interflúvios e, principalmente, é representativa do topo dos morros e morrotes. Constituída por altitudes maiores que a média, declividades maiores que 5%, curvatura de vertente plano divergente e perfil convexo, caracteriza-se pelas áreas mais propensas aos processos morfogenéticos no município.

As unidades IV, V e VI representam porções na vertente com inclinações inferiores a 5%, representando áreas com baixo escoamento superficial. A unidade IV cobre uma área de 236,62 km<sup>2</sup> ou 6,71%. Compreende altitudes maiores que a média e declividades menores que 5%. Devido a essas características e, principalmente, à curvatura de vertente plano convergente, são áreas concentradoras dos fluxos de água, destacando-se como áreas úmidas, no topo de vertentes, e predominando na região central do município.

A unidade V corresponde à menor área do município de Canguçu, com 61,63 km<sup>2</sup> ou 1,75%. Compreende vertentes com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Essa unidade está concentrada próximo aos cursos fluviais.

A unidade VI caracteriza-se por altitudes maiores que a média, declividades menores que 5% e curvatura de vertente plano divergente com perfil convexo, caracterizando-se como o topo das áreas altas. Ocupa área de 158,05 km<sup>2</sup> ou 4,48%.

Figura 59 – Unidades morfométricas das vertentes I a VI



As áreas com altitudes menores que a média ocorrem na porção norte e no extremo sul do município. A unidade VII cobre a segunda maior área, com 564,19 km<sup>2</sup> ou 16,01%. Tem altitudes menores que a média e declividades maiores que 5%. As vertentes caracterizam-se por curvatura plano convergente. Constitui as vertentes que formam canais de escoamento da rede de drenagem, onde ocorre a convergência dos fluxos de água.

A unidade VIII apresenta altitudes menores que a média, declividades maiores que 5%, vertentes com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Essa unidade cobre área de 216,43 km<sup>2</sup> ou 6,14%. Especialmente, ocupa os interflúvios dos canais fluviais.

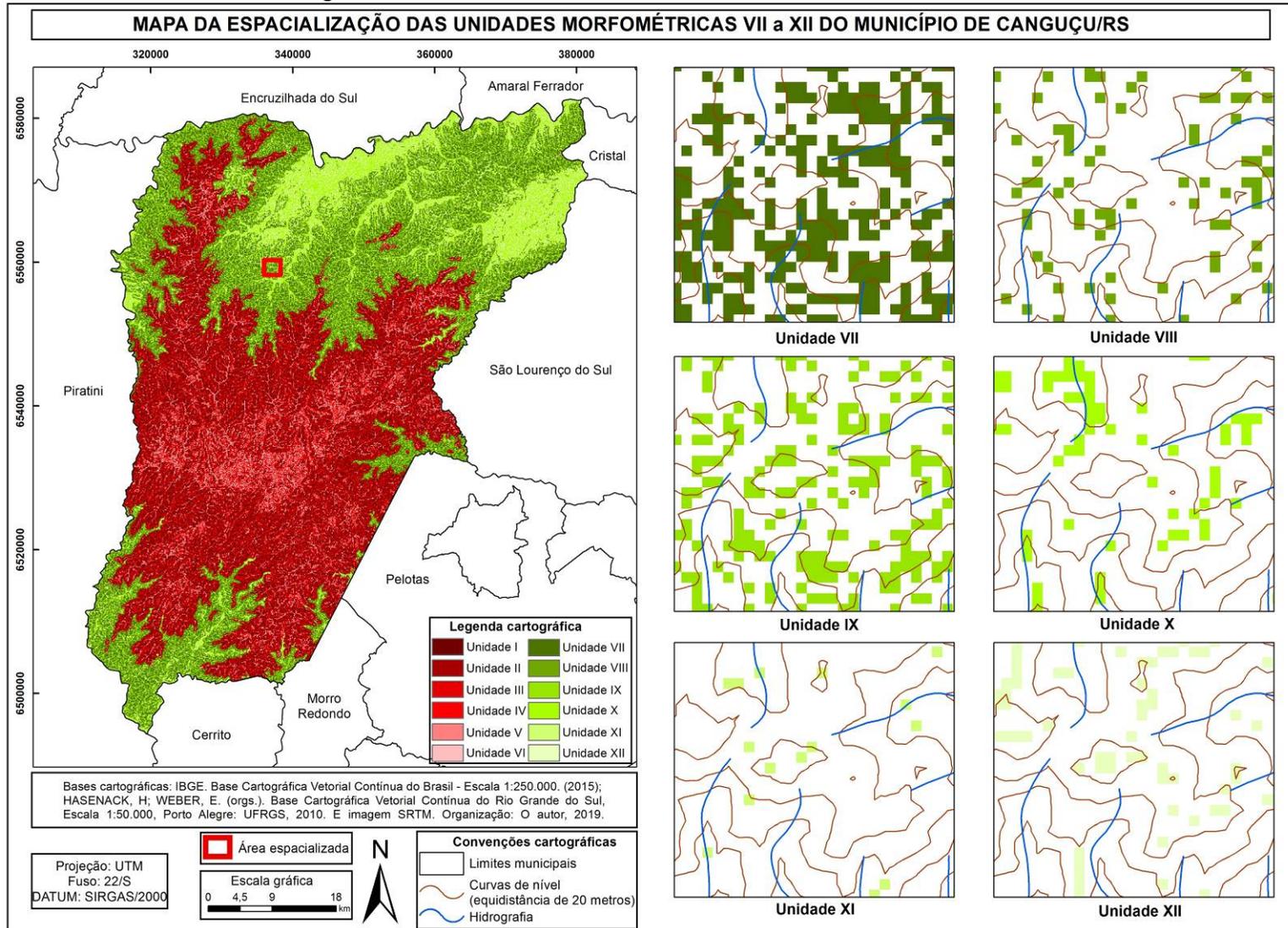
A unidade IX ocupa área de 347,93 km<sup>2</sup> ou 9,88%. Apesar de representar altitudes menores que a média, apresenta declividades superiores a 5% estando associada a vertentes plano divergentes e perfil convexo, caracteriza-se como áreas dispersoras dos fluxos de água, constituindo-se, principalmente, do terço superior das vertentes nas formas de morros e morrotes.

A unidade X caracteriza-se por altitudes menores que a média, declividades menores que 5% e curvatura das vertentes plano convergente. Portanto, constitui as áreas planas e, também, o médio e o baixo cursos dos principais arroios de Canguçu. Essa unidade representa uma área de 318,2 km<sup>2</sup> ou 9,02%.

A unidade XI representa área pouco significativa, com 76,2 km<sup>2</sup> ou 2,16%. Essa unidade é composta por áreas com altitudes menores que a média, declividades menores que 5%, vertentes com plano de curvatura divergente e perfil côncavo. Tende a se concentrar próximo aos cursos fluviais.

A unidade XII também cobre área pouco significativa, com 154,25 km<sup>2</sup> ou 4,38%. Caracterizada por altitudes menores que a média, declividades menores que 5%, vertentes com curvatura plano divergente e perfil convexo, essa unidade compreende, majoritariamente, os divisores de água menos proeminentes da área de estudo.

Figura 60 – Unidades morfométricas das vertentes VII a XII



## CAPÍTULO 5 – ZONEAMENTO LITOPEDOLÓGICO

### 5.1 INTEMPERISMO

Solos e rochas são atributos correlativos. O solo é um atributo relacionado à natureza rochosa, e sua formação caracteriza-se de acordo com o intemperismo. Segundo Merrill (1897) citado por Melfi (1967), o intemperismo é um processo tipicamente destrutivo e o solo, segundo o último autor citado, é o produto final desse processo.

Nas palavras de Porto (2010, p. 53), o intemperismo é um fenômeno complexo, pois:

Os processos responsáveis pela formação de regolitos em regiões tropicais podem ser bastante complexos já que inúmeras variáveis, que são função basicamente da natureza do protolito, clima e geomorfologia, desempenham seus papéis de forma e intensidade que variam no tempo geológico.

Portanto, o produto final do intemperismo é o solo, atributo bastante variável na natureza. É tão variável “podendo diferir de município para município, de fazenda para fazenda ou mesmo dentro de uma mesma parcela de terra cultivada” (PALMIERI; LARACH, 2010, p. 69).

A alteração das rochas ocorre principalmente pela ação desse intemperismo que pode ser biológico, físico, químico ou mesmo uma combinação entre eles. O intemperismo biológico relaciona-se à alteração provocada por organismos vivos, principalmente a ação de raízes vegetais que ocasionam alterações estruturais nas rochas.

Plantas e animais, assim como seus resíduos, têm, também, importância como agente mecânico e na decomposição química das rochas e/ou do material de origem dos solos, sendo seus efeitos expressos nos processos de formação e na fertilidade dos solos. O sistema radicular das plantas pode intensificar a decomposição do material mineral, manter os fragmentos e/ou subprodutos das rochas e minerais, na superfície, protegendo-os contra a erosão. (PALMIERI; LARACH, 2010, p. 85)

Na Figura 61, há um exemplo de intemperismo biológico na área de estudo. Esse exemplo está localizado no leito de curso fluvial, onde as raízes da árvore estão afetando um riolito.

Figura 61 – Intemperismo biológico (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21")



Fonte: O autor (2020).

O intemperismo físico ocorre principalmente através de processos como abrasão, descompressão, cristalização de sais, expansão e contração das rochas, congelamento e degelo. Esses eventos provocam alterações estruturais nas rochas levando-as a fragmentações (TOLEDO *et al.*, 2009).

Ainda que exista forte entrelaçamento dos tipos intempéricos, conseqüentemente à ação dos intemperismos biológico e físico, haverá a potencialização do intemperismo químico, o qual caracteriza-se como um processo lento, complexo e variado que depende de fatores como composição mineralógica e química das rochas, forma e estrutura de jazimento, além de condições climáticas regionais predominantes (TOLEDO *et al.*, 2009; PORTO, 2010).

Nas palavras de Palmieri e Larach (2010, p. 81), relatando a influência do clima para as características de solos, afirmam que:

O clima, associado aos organismos, atua sobre as rochas produzindo os materiais que irão dar origem aos solos. O efeito do clima, através de variáveis como precipitação, temperatura e umidade, pode ser considerado o mais importante agente na manifestação das expressões das propriedades dos solos.

Temperaturas e índices pluviométricos elevados intensificam o intemperismo químico. As reações mais comuns desse tipo intempérico são a dissolução, a oxidação e a hidrólise, além da acidólise e da hidratação, reações químicas que irão transformar os minerais primários ou neoformá-los (TOLEDO *et al.*, 2009; PORTO, 2010).

As características climáticas atuais de Canguçu podem intensificar o intemperismo. A amplitude térmica característica da área de estudo ocasiona a contração e a expansão da rocha, levando ao intemperismo físico. Os índices pluviométricos relativamente distribuídos ao longo do ano (EMBRAPA, UFPEL, INMET, 2019), além do intemperismo biológico, são importantes para a intensificação do intemperismo químico.

No processo de intemperismo das rochas, outro condicionante importante é o relevo. Quando relacionado a condições fisiográficas específicas, Palmieri e Larach (2010, p. 76) mencionam que:

O aspecto do relevo local tem marcantes influencias nas condições hídricas e térmicas dos solos e, por conseguinte, no clima do solo. Estas influencias se refletem, principalmente, em microclimas e na natureza da vegetação natural, e em características e propriedades dos solos.

Nas áreas morfologicamente mais movimentadas, as águas do escoamento superficial têm baixas taxas de infiltração num processo de tempo insuficiente para reações químicas. Isso caracteriza atividade intempérica fraca, além da remoção do manto de alteração e, por conseguinte, são comuns afloramentos rochosos (TOLEDO *et al.*, 2009).

Nas áreas de relevo plano, as águas que escoam superficialmente têm taxas de infiltração muito altas, havendo concentração de minerais solúveis, num processo que caracteriza poucas reações químicas de ataque aos minerais primários. O ideal para os processos intempéricos ocorrerem são as áreas de relevo levemente ondulado com encostas suaves onde há boa infiltração com escoamento superficial lento, mas suficiente para eliminação de compostos solúveis. Nessas últimas características de relevo destacadas, também ocorre pouca erosão do manto superficial (TOLEDO *et al.*, 2009).

A mineralogia e a drenagem interna da rocha também são outros condicionantes que irão influenciar significativamente no processo de intemperismo

das rochas e de formação de solos. A drenagem interna relaciona-se a fatores como: granulometria e textura; cimentação ou agregação; diaclases e fraturas; além da presença de minerais solúveis na rocha (PRESS *et al.*, 2008; TOLEDO *et al.*, 2009; PORTO, 2010).

Diaclases e fraturas em rochas ígneas são os principais caminhos de penetração dos fluidos intempéricos. A presença desses condicionantes influencia na velocidade de intemperização das rochas (HEIDEMANN, 2015).

As juntas fornecem canais através dos quais a água e o ar podem atingir a formação em profundidade e acelerar o intemperismo e o enfraquecimento interno da estrutura. Se dois ou mais conjuntos de juntas intersectam-se, o intemperismo pode controlar a quebra da formação em grandes colunas ou blocos. (PRESS *et al.*, 2008, p. 278)

Nas rochas ígneas, marcadas pela presença do quartzo, quanto maior o fraturamento menor o tamanho de blocos e maior a superfície de contato com os agentes intempéricos. As rochas que se alteram mais rapidamente, em geral, possuem maior teor de plagioclásio cálcico e de minerais máficos (escuros), enquanto que a composição mineralógica predominante de quartzo caracteriza corpo rochoso mais resistente ao intemperismo.

Na área de estudo, são comuns *stone lines* indicativas de minerais resistentes ao intemperismo, como o quartzo. Na Figura 62, observa-se pequenos seixos formados por minerais de quartzo, enquanto outros minerais, provavelmente o feldspato e as micas, intemperizaram-se formando o solo.

Figura 62 – Perfil litopedológico com *stone line* (Coordenadas: 31°26'27" e 52°45'23")



Fonte: Trentin (2019).

Em rochas metamórficas, naturalmente ocorrem muitas descontinuidades litológicas. Segundo Heidemann (2015), são esses condicionantes que irão influenciar na intensidade e na forma do intemperismo, pois aumentam a área de exposição da rocha. Na área de estudo, essas descontinuidades são observadas na forma de enclaves de rochas invasivas, falhas e fraturas (Figura 63).

Figura 63 – Descontinuidades litológicas (Coordenadas: 31°27'29" e 52°47'21")



Fonte: O autor (2020).

Em rochas sedimentares, a relação com o intemperismo ocorre principalmente pelo tamanho dos grãos minerais, quanto maior o grão também maior será a possibilidade de penetração de fluidos no corpo rochoso. Através da solubilização do cimento dos minerais sedimentares, formam-se mantos de alteração que serão mais argilosos ou arenosos, conforme a granulometria do protólito ou rocha.

Segundo Toledo *et al.* (2009, p. 152), “entre os materiais sedimentares, os arenosos tendem a ser mais permeáveis que os argilosos”. Isso ocorre porque, geralmente, há facilitação para a percolação de fluidos em rochas formadas por grãos de areia, visto que, em geral, os grãos de areia apresentam textura inequigranular.

## 5.2 LITOPEDOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Situado na parte leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, região denominada como Batólito de Pelotas (FRAGOSO CÉSAR *et al.*, 1986), Canguçu é caracterizado

predominantemente por Granitos e Metagranitos disseminados em todas as áreas do município. Também ocorrem litologias mais recentes, Rochas Sedimentares ao oeste e norte, Depósitos Aluvionares ao norte, e Depósitos Elúvio-Coluvionares ao nordeste.

Predominam solos mal desenvolvidos classificados como Neossolos litólicos. Os solos bem desenvolvidos que ocorrem são do tipo Luvisolos crômico, Argissolos amarelo e sobretudo, vermelho-amarelo. Ao norte da área de estudo, nas porções com lençol freático próximo à superfície, ocorrem solos hidromórficos do tipo Planossolos e Gleissolos, e na porção nordeste, Planossolos.

Na área de estudo, há diferentes estágios de desenvolvimento de solo a partir de mesmo tipo litológico. Esse fato também foi observado por Bastos e Dias (1995) sobre o município de Porto Alegre/RS. Os autores identificaram sobre substrato granítico-gnáissico, solos litólicos (Neossolos litólicos) e Podzólicos vermelho-amarelados (Argissolos).

Fato equivalente foi observado por Heidemann (2015), em sua tese de doutorado, sobre uma região costeira do Brasil formada por rochas graníticas de características muito equivalentes às de Canguçu. Segundo o autor, esse fato caracteriza-se porque

A formação de depósitos de solos residuais com características geotécnicas heterogêneas, mesmo que a partir de um único litotipo, se deve à diversidade de agentes de intemperismo atuantes e à intensidade com que se processam estes fenômenos. (HEIDEMANN, 2015, p. 20)

Importante destacar que referido autor também desenvolveu sua pesquisa de tese numa escala grande (152 km<sup>2</sup>). A partir de série de experimentos para quantificação dos índices de intemperismo, o autor diferenciou cinco tipos de solos, os quais apresentavam colorações e espessuras variadas.

Heidemann (2015) considerou que experimentos ou índices de intemperismo isoladamente não explicam a complexidade desse fenômeno em rochas graníticas. Ainda assim, observou que a estrutura do relevo e a porosidade do material de origem são importantes no processo intempérico e na heterogeneização da formação dos solos da sua área de estudo.

Denotando a complexidade do processo de intemperismo e formação de solos, Melfi (1967), num estudo de tese de doutorado numa região do estado de São

Paulo/Brasil, identificou a formação de uma única classe de solo tanto para rochas ígneas básicas (diabásio) quanto para rochas ígneas ácidas (granitos). Esse autor desenvolveu seu estudo em escala média, em área de aproximadamente 3100 km<sup>2</sup>, realidade que se aproxima da presente pesquisa.

O autor supracitado observou que sobre as rochas diabásio havia um intemperismo uniforme formando solos espessos caracterizados como terra rocha (Latosolos), fato atribuído à instabilidade homogênea dos minerais às novas condições ambientais; e, sobre os granitos, também ocorria intemperismo uniforme formando solos Podzólicos com cascalhos (Argissolos), aspecto atribuído a processos químicos incipientes e textura grosseira desses granitos.

Por fim, um aspecto importante a destacar sobre o estudo de Melfi (1967), quando da análise dos perfis de solo, é que as classes pedológicas apresentaram variações de espessura conforme a localização nas vertentes do relevo, denotando a influência desse atributo nas características dos perfis pedológicos.

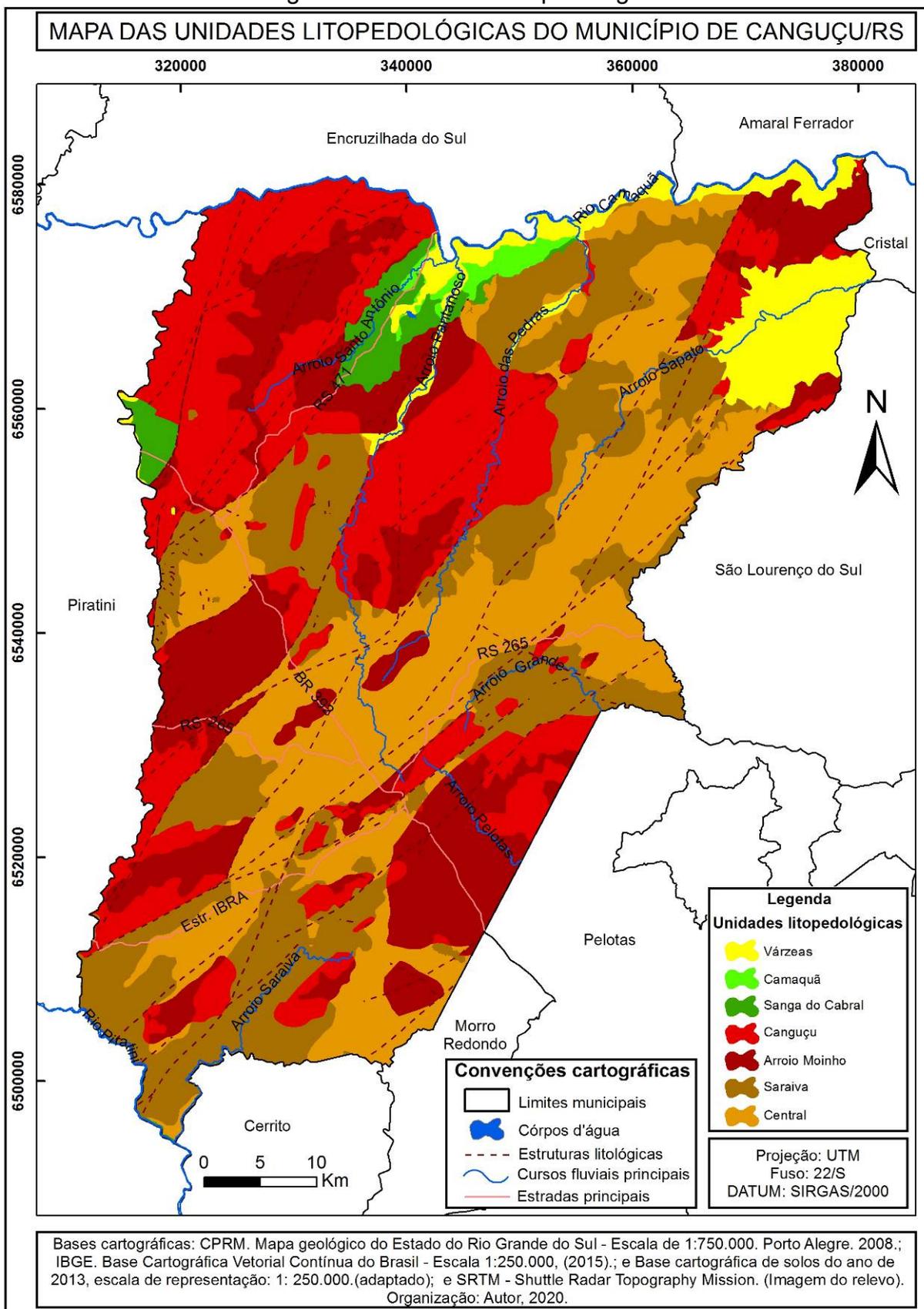
O objetivo do capítulo é apresentar um Zoneamento com base na composição das vertentes, considerando o tipo litológico e os solos desenvolvidos. Nesse contexto, é importante destacar que os tipos litológicos e pedológicos previstos na literatura que contempla a área de estudo, diante os resultados das investigações de campo, atestam a caracterização litopedológica analisada no capítulo. Na Tabela 6, apresenta-se a distribuição em área, e, e na Figura 64, a espacialização das unidades litopedológicas da área de estudo.

**Tabela 6 – Distribuição quantitativa das unidades litopedológicas**

<b>Unidade litopedológica</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Várzeas	208,04	5,90
Camaquã	24,72	0,70
Sanga do Cabral	80,15	2,27
Canguçu	833,95	23,66
Arroio Moinho	672,18	19,08
Saraiva	822,25	23,33
Central	883,07	25,06

Organização: O autor (2020).

Figura 64 – Unidades litopedológicas



Organização: O autor (2020).

### 5.2.1 Unidade Várzeas

A unidade Várzeas tem área de 208,04 km<sup>2</sup>, ou 5,90% da área de estudo (Tabela 6). Compreende áreas ao norte, várzea do rio Camaquã, e ao nordeste, várzea do arroio Sapato principalmente.

As litologias de Depósitos Sedimentares caracterizam solos hidromórficos, aspecto que contribui o uso agrícola direcionado à orizicultura. A disponibilidade de corpos d'água naturais também potencializa a atividade pecuária sobre o relevo plano e levemente ondulado da unidade. Na Figura 65, são pontuadas as principais características das litologias que caracterizam a unidade Várzeas.

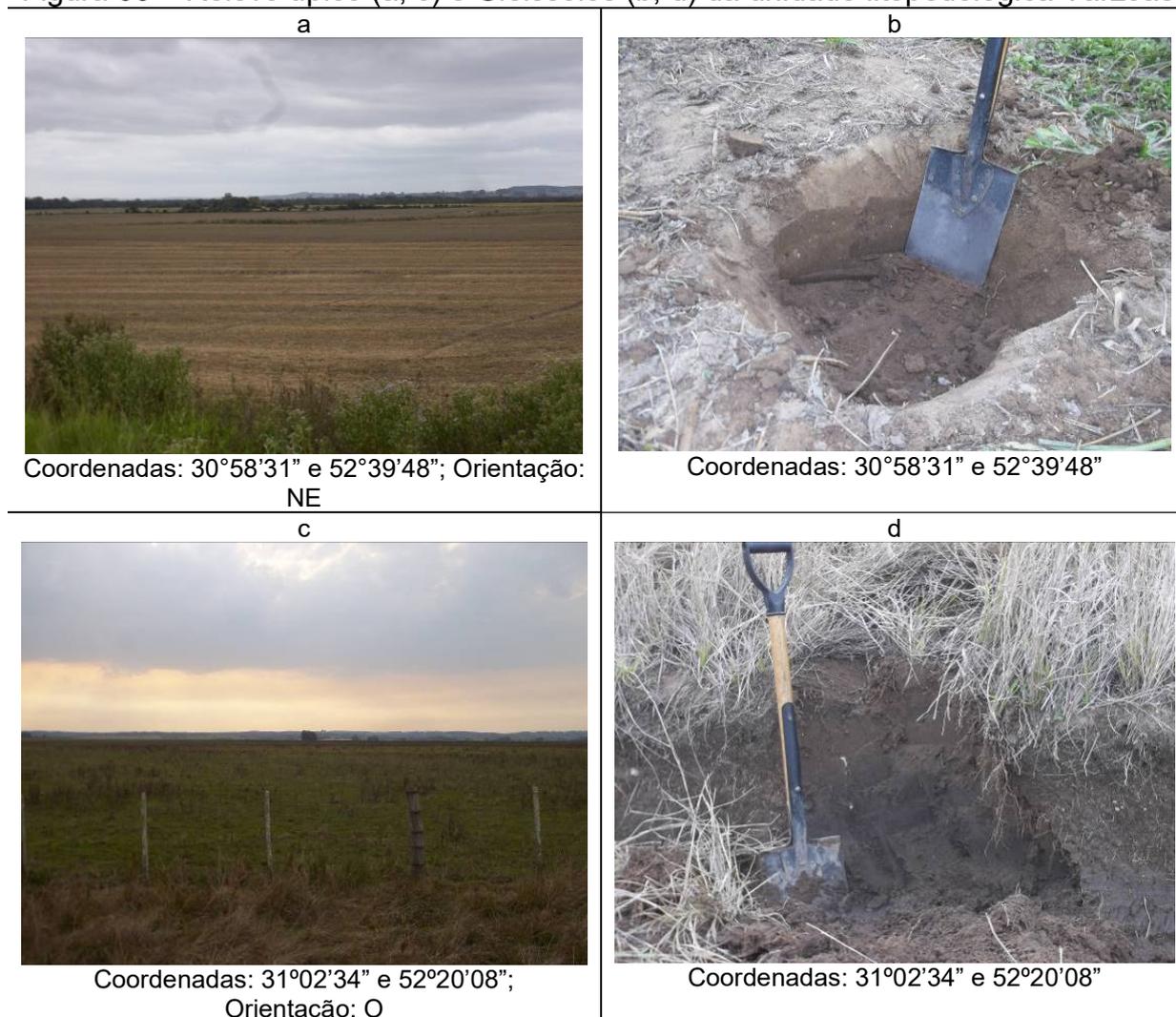
Figura 65 – Características das litologias de depósitos

Denominação litológica	Classe	Litotipo	Sistema sedimentar	Ambiente
Depósitos Eluviais e Coluviais	Material superficial	Areia, cascalho, sedimento Elúvio-Coluvionar e laterita	Leque aluvial	Continental
Depósitos Aluvionares	Material superficial	Areia e areia arcoseana	Fluvial anastomosado, fluvial entrelaçado e fluvial meandrante	Continental

Fonte: CPRM (2008); Organização: O autor, 2020

A unidade Várzeas, ao norte, caracteriza Depósitos Aluvionares relacionados ao sistema do rio Camaquã, formando principalmente Gleissolos, e área pouco representativa, com Planossolos (Figura 66 a, b). A nordeste, caracteriza Depósitos Elúvio-Coluvionares e Planossolos, ligados ao sistema do arroio Sapato (Figura 66 c, d).

Figura 66 – Relevo típico (a, c) e Gleissolos (b, d) da unidade litopedológica Várzeas



Fonte: O autor (2020).

### 5.2.2 Unidade Camaquã

A unidade litopedológica Camaquã tem área de 24,72 km<sup>2</sup>, ou menos de 1% da área de Canguçu (Tabela 6), portanto, unidade relativamente pouco expressiva em área. Situa-se ao norte, associada ao sistema do rio Camaquã e baixo curso do arroio Santo Antônio.

A unidade representa áreas com relevo plano, da planície de inundação do rio Camaquã, sobre substrato de rochas sedimentares de arenitos finos da Formação Sanga do Cabral. Os solos se caracterizam pela drenagem insuficiente, caracterizando Planossolos. Características que também potencializam a orizicultura e a atividade pecuária.

Além de potencialidades econômicas, essa unidade litopedológica tem importância paleontológica, pois, de acordo com a CPRM (2007), na litologia Sanga do Cabral, ocorrem fósseis. Na Figura 67, são apresentadas as principais características da litologia Sanga do Cabral.

Figura 67 – Características da litologia Sanga do Cabral

Denominação litológica	Classe da rocha	Ambiente de sedimentação	Sistema de sedimentação	Tipo de depósito	Litotipo
Sanga do Cabral	Sedimentar	Continental	Desértico e fluvial entrelaçado	Barras arenosas: dunas subaquosas 3D. Barras conglomeráticas: cascalheira, dunas eólicas compostas e preenchimento de canal	Arenito

Fonte: CPRM (2008); Organização: O autor, 2020

Essa formação litológica é composta por arenitos avermelhados de granulometria predominantemente fina (ANDREIS *et al.*, 1980; CPRM, 2007). Isso vai ter relação com a intemperização menos intensa das rochas. Na Figura (68 a), tem-se relevo típico da unidade e, no quadrante (68 b), amostra de horizonte superficial orgânico e um corpo d'água ao centro da figura.

Figura 68 – Relevo (a) e horizonte de solo (b) da unidade litopedológica Camaquã (Coordenadas: 30°58'42" e 52°40'11"; Orientação: O)



Fonte: O autor (2020).

### 5.2.3 Unidade Sanga do Cabral

A unidade litopedológica Sanga do Cabral tem área de 80,15 km<sup>2</sup>, ou 2,27% da área de estudo (Tabela 6). Está presente ao norte e noroeste. Compreende Rochas Sedimentares areníticas da Formação Sanga do Cabral e solos bem desenvolvidos; ao oeste, os Luvisolos, e ao norte, os Argissolos vermelho-amarelo. A primeira classe de solos relacionada tem argilas 2:1 enquanto os Argissolos, 1:1, que pode estar associado à maior ação dos processos intempéricos, mas principalmente na maior concentração de camadas lamíticas no substrato composto por camadas mistas de illita-esmectitas.

Os solos são condicionantes que propiciam atividades agrícolas na unidade, que, ao mesmo tempo, podem intensificar a principal suscetibilidade ambiental, a erosão. Por outro lado, o substrato rochoso dessa unidade apresenta potencialidade paleontológica, conforme destacado no item anterior.

Nas áreas com topografia mais íngreme, há solos com granulometria mais grosseira resultante de pacote intempérico menos evoluído (Figura 69 a), ou provavelmente há maior lixiviação dos produtos intemperizados, aspecto também observado por Heidemann (2015) na tese de doutorado de sua área de estudo.

Os solos, apesar de serem desenvolvidos, são pouco profundos, geralmente não ultrapassam 1 metro (trabalhos *in loco*). Na Figura 69, tem-se perfis de solo (a, b), amostras rochosas (c) e relevo (d).

Figura 69 – Argissolos (a, b) bloco da litologia (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Sanga do Cabral (Coordenadas: 31°02'57" e 52°43'34"; Orientação: NE)



Fonte: O autor (2020).

#### 5.2.4 Unidade Canguçu

A unidade litopedológica Canguçu tem área de 833,95 km<sup>2</sup>, ou 23,66% da área de estudo (Tabela 6). Está disseminada por toda área, mas é predominante ao centro-norte, sobretudo ao noroeste, onde ocorre relevo movimentado, empecilho antrópico que potencializa a preservação da cobertura arbórea nativa.

Compreende litologias Graníticas (Suíte Granítica Dom Feliciano – Fácies Cerro Grande e Serra do Herval; Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul; Suíte Granítica Cordilheira; e Suíte Intrusiva Viamão – Granito Arroio Moinho). Na Figura 70, são apresentadas as principais características dessas litologias.

Figura 70 – Características das litologias graníticas

Denominação litológica	Classe	Litotipo	Associação magmática	Ambiente	Textura
Cerro Grande	Ígnea	Monzogranito	Alcalina	Tardiorogênico	Inequigranular
Arroio Moinho	Ígnea	Sienogranito, Monzogranito	Alcalina	Tardiorogênico	Inequigranular
Serra do Herval	Ígnea	Sienogranito	Alcalina	Tardiorogênico	Equigranular
Encruzilhada do Sul	Ígnea	Sienogranito, Monzogranito	Calcialcalina	Tardiorogênico	Inequigranular
Granítica Cordilheira	Ígnea	Muscovita-biotita e Sienogranito	Granítica	Magmatismo sincolisional	Equigranular

Fonte: CPRM (2008); Organização: O autor, 2020

São rochas tardiorogênicas, relativamente ácidas, portanto, com teores de quartzo altos. Nas áreas em que ocorrem sobre a unidade Canguçu, provavelmente são menos afetadas por descontinuidades estruturais, condicionante importante à percolação de água e respectivas reações químicas e intemperismo da rocha.

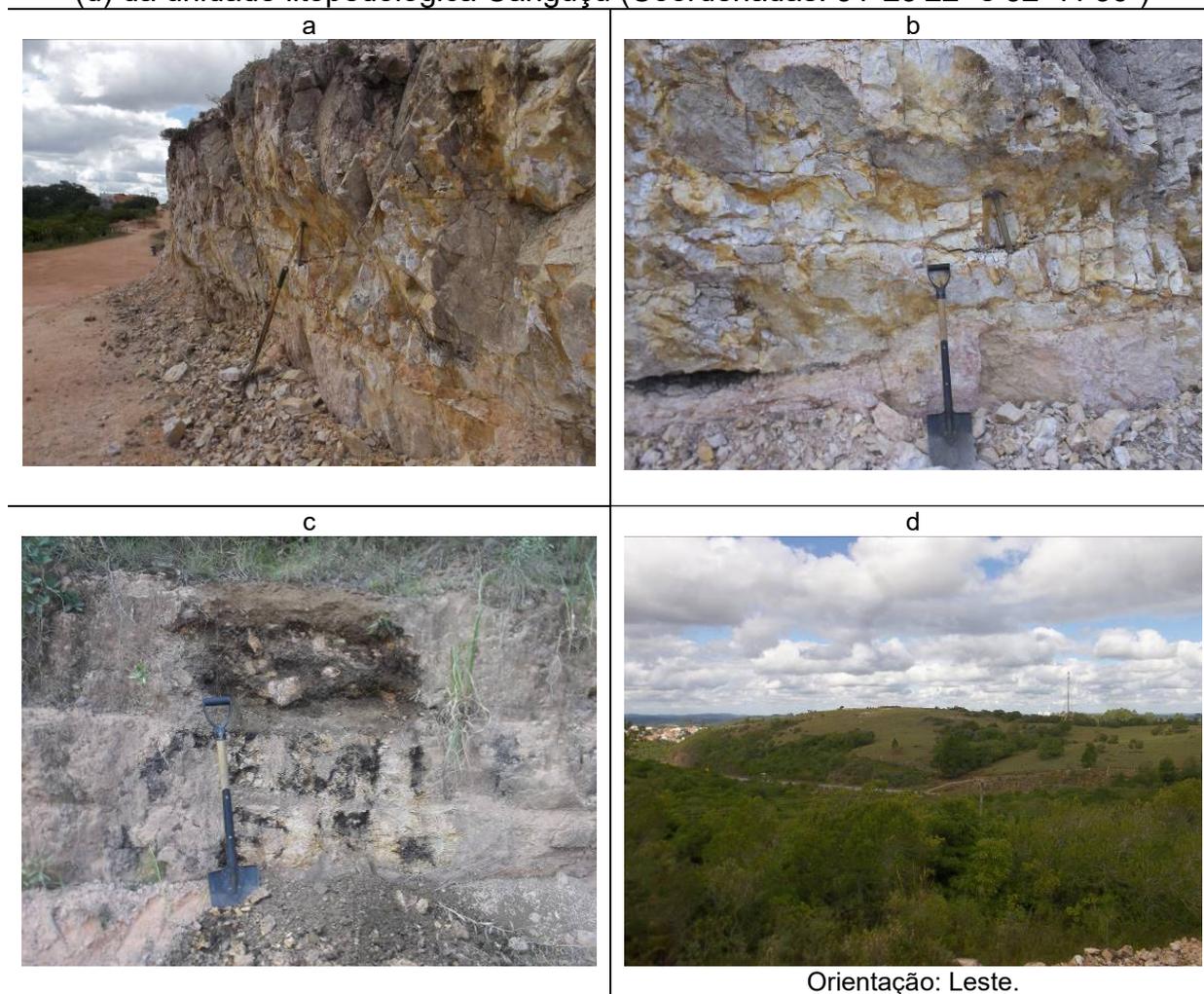
Através de trabalhos *in loco*, observou-se atividade pedogenética fraca, sobretudo nas áreas da Fácies Serra do Herval, Suítes Intrusiva Encruzilhada do Sul e Granítica Cordilheira (Figura 71).

Outro fator para os solos pouco desenvolvidos da unidade é o relevo, predominantemente ondulado a forte ondulado. As características desse condicionante propiciam pouca interação da água com minerais primários das rochas, levando ao fraco intemperismo das rochas da unidade Canguçu, além do fenômeno da lixiviação.

Por fim, a partir de observações *in loco*, aventa-se a unidade Canguçu com os solos mais rasos e pedregosos da área de estudo, condicionantes que fragilizam atividades agrícolas. Inclusive, muitas áreas não formam solos, são afloramentos rochosos com campos de matacões, especialmente sobre a litologia Fácies Serra do Herval.

Na Figura 71, são mostrados perfis rochosos atestando a textura equigranular-afanítica dos agregados minerais (a, b), perfil pedológico (c), e relevo da unidade (d).

Figura 71 – Afloramento do granito Serra do Herval (a, b) perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Canguçu (Coordenadas: 31°23'22" e 52°41'36")



Orientação: Leste.

Fonte: O autor (2020).

### 5.2.5 Unidade Arroio Moinho

A unidade litopedológica Arroio Moinho tem área de 672,18 km<sup>2</sup>, ou 19,08% da área de estudo (Tabela 6). Está presente em todas as áreas do município com relativo predomínio na porção sudeste.

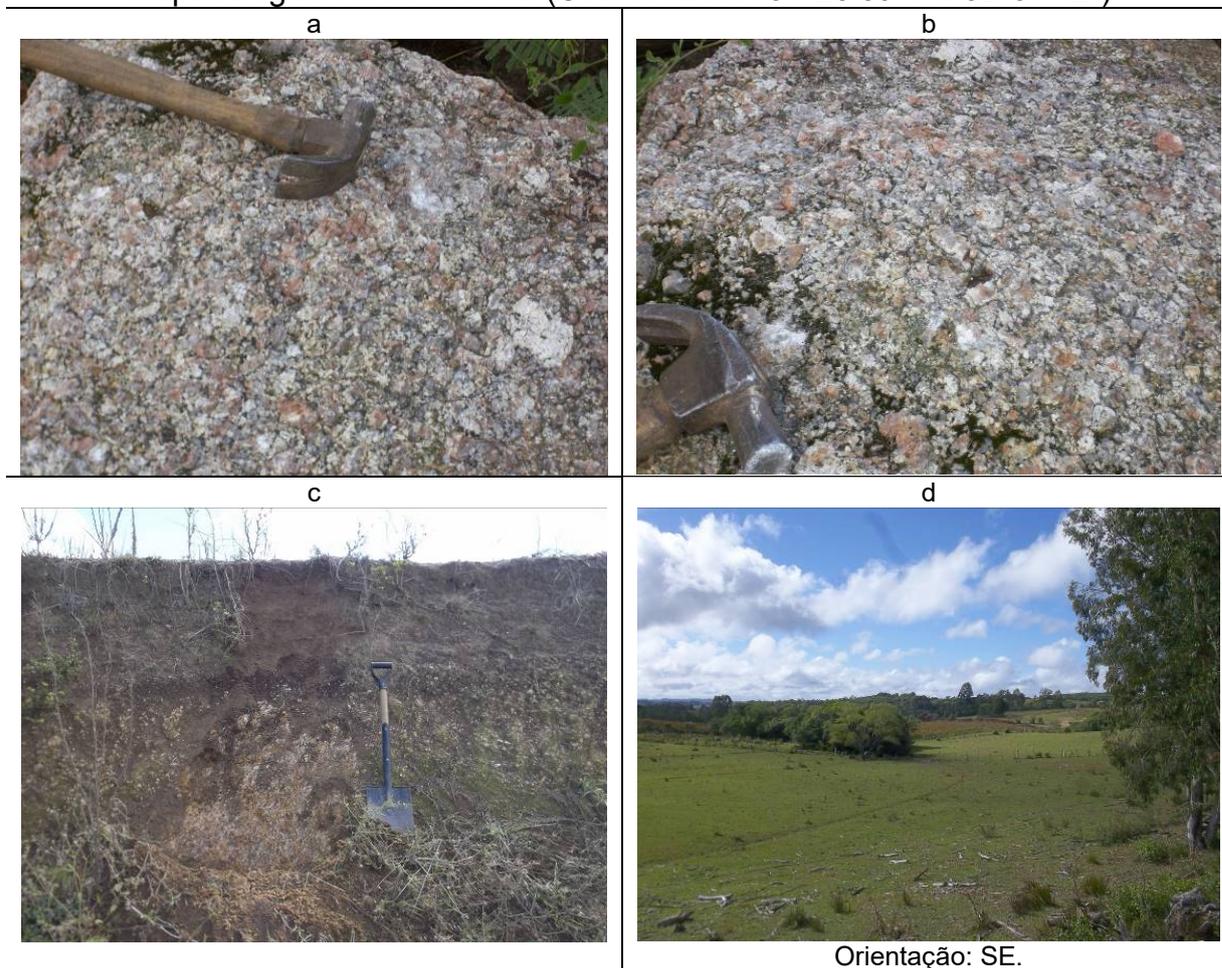
Ocorre associada a rochas Graníticas, exceto na Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul e Suíte Granítica Cordilheira. Os solos são desenvolvidos representados pelos Argissolos vermelho-amarelo, amarelo e Luvisolo crômico, aspecto que potencializa atividades agrícolas e pecuária na unidade.

Essas características pedológicas estão associadas ao relevo da unidade que varia de ondulado a levemente ondulado, e provavelmente a granitos bastante afetados por descontinuidades estruturais. Esses fatores condicionam positivamente

a percolação de fluidos e a permanência por tempo suficiente para as reações químicas e o intemperismo das rochas.

Através de trabalhos *in loco*, observou-se na litologia Granito Arroio Moinho a presença de solos arenosos com B textural fraco associado a grandes matacões. Na Figura 72, destacam-se aglomerados minerais em rocha granítica com predomínio da coloração rosada representando minerais feldspáticos e também alteração intempérica, mais a textura grosseira ou porfirítica (a, b), perfil de solo (c), e relevo típico da unidade (d).

Figura 72 – Blocos rochosos (a, b), perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Arroio Moinho (Coordenadas: 31°25'59"S e 52°37'42")



Fonte: O autor (2020).

### 5.2.6 Unidade Saraiva

A unidade litopedológica Saraiva tem área de 822,25 km<sup>2</sup> ou 23,33% da área de estudo (Tabela 6). Essa unidade está presente em todas as áreas do município, com concentração na porção sul.

As litologias da unidade são os Metagranitoides (Foliados, Migmatizados e Poços de Caldas). Na Figura 73, tem-se as principais características dessas litologias.

Figura 73 – Características das litologias Metagraníticas

Denominação	Textura	Classe	Litotipo	Associação magmática
Metagranitoides Foliados		Metamórfica	Gnaíse granítico e Gnaíse granodiorítico	Tonalito-granodiorito-granítica
Granitoides migmatizados		Metamórfica	Gnaíse granodiorítico	Tonalito-granodiorito-granítica
Poços de Caldas	Equigranular	Ígnea	Tufito, Fonolito e Pseudoleucita fonolito	Alcalina

Fonte: CPRM (2008); Organização: O autor, 2020

Na área de estudo, assim como ocorre sobre granitos solos com estágios diferentes de desenvolvimento, nos metagranitos esse processo também é fatídico. Os diferentes estágios de desenvolvimento dos solos observados nos Metagranitoides Foliados podem estar associados às observações feitas por Philipp e Machado (2001). Segundo esses autores, essas litologias caracterizam-se por ampla variação composicional e conjunto de estruturas primárias associadas.

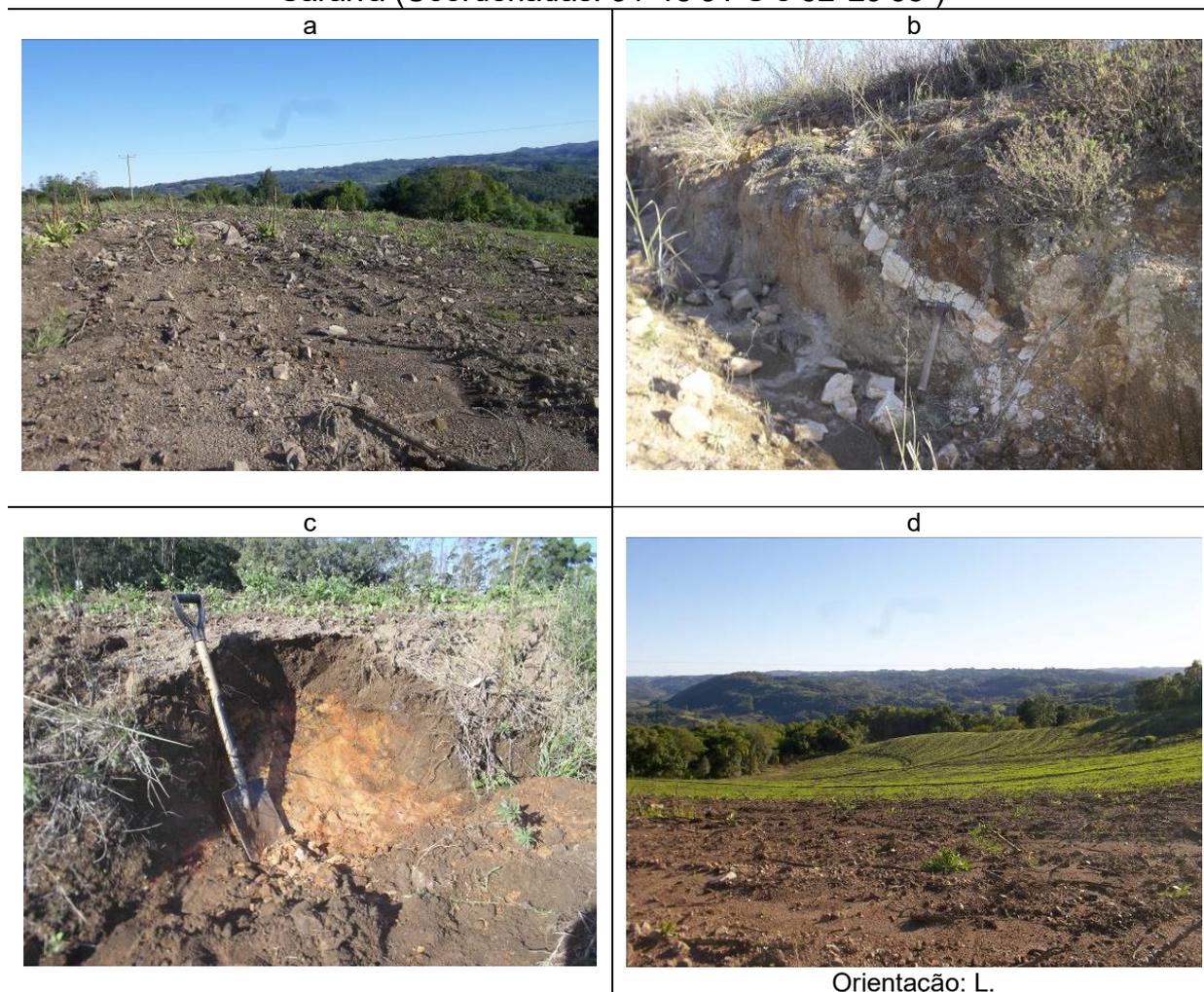
Na unidade litopedológica em estudo, os solos são mal desenvolvidos e têm muitos afloramentos rochosos em meio ao perfil de solo, inclusive sendo comum afloramentos rochosos nos elevados topográficos. Isso provavelmente está relacionado às poucas discontinuidades estruturais das rochas que ocorrem na unidade.

As características pedológicas destacadas também estão relacionadas à estrutura do relevo, predominantemente movimentado com vertentes inclinadas.

Observou-se, sobre elemento de relevo em crista, perfil de solo raso. Logo após um horizonte (O) de aproximadamente 30 cm de espessura e saturado com seixos, há transição abrupta para camada de rocha relativamente alterada. Nesse caso, isso provavelmente ocorre devido à forte inclinação do relevo local, bem como ao intenso uso agrícola (Figura 74 c).

Na Figura 74, são mostrados pequenos matacões sobre horizonte de solo (a), ocorrência de rocha intrusiva (b), perfil de solo (c), e relevo típico da unidade (d).

Figura 74 – Perfil de solo (a, c), litologia (b) e relevo (d) da unidade litopedológica Saraiva (Coordenadas: 31°18'31"S e 52°29'58")



Fonte: O autor (2020).

### 5.2.7 Unidade Central

A unidade Central tem área de 883,07 km<sup>2</sup> ou 25,06% da área de estudo, portanto, é predominante (Tabela 6). Está disseminada em todas as áreas do município, predominando na porção central.

Compreende Metagranitos e solos desenvolvidos caracterizados como Argissolos vermelho-amarelo pouco espessos, em geral, de 80cm a 1,2m. Esses fatores, correlacionados ao relevo de declividade fraca a média, potencializam ocupação e atividades agrícolas na unidade.

Nessa unidade, além do fator relevo, provavelmente são rochas bastante afetadas por descontinuidades litológicas. Numa área localizada sobre a litologia dos

Metagranitoides Foliados com relevo levemente ondulado formado por encostas suaves observa-se perfil pedológico com Argissolo típico (Figura 75).

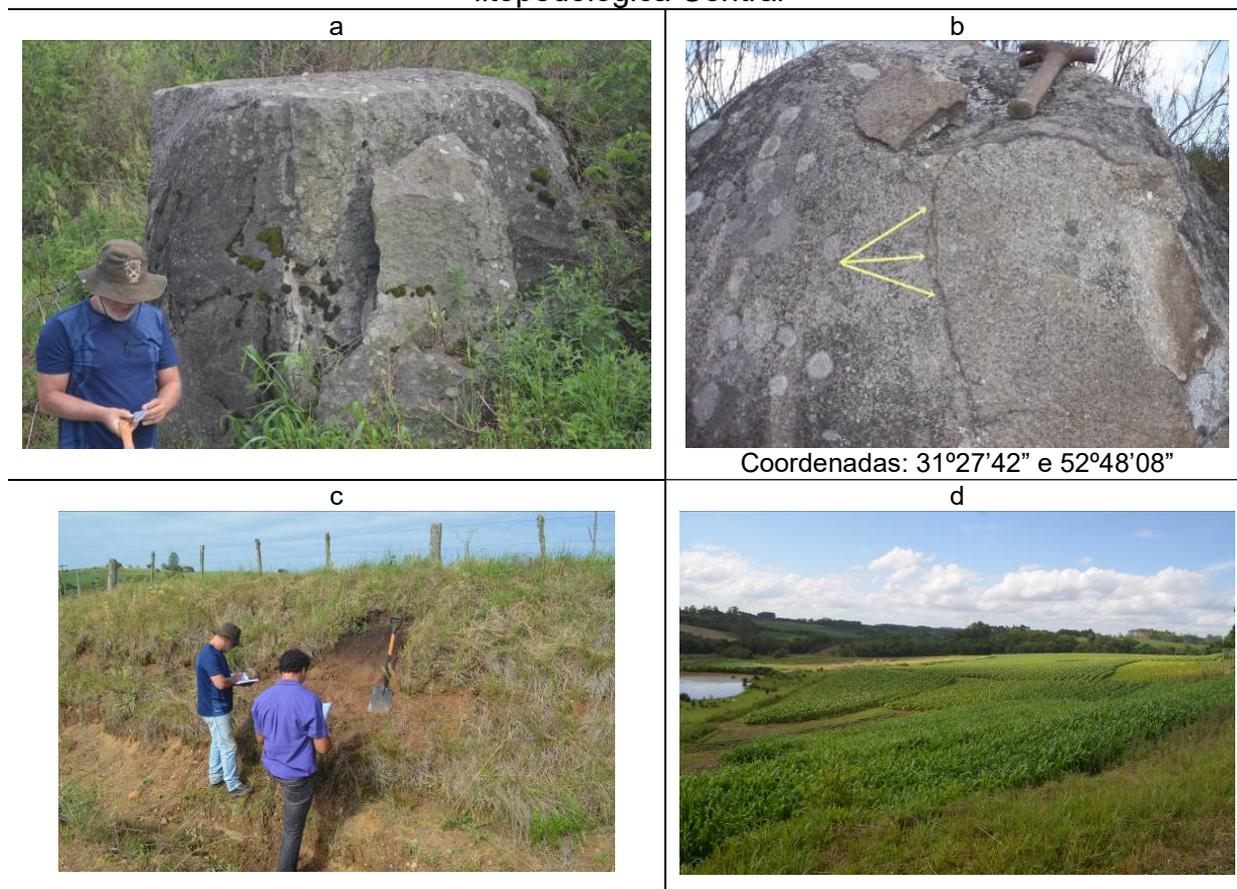
Figura 75 – Perfil de Argissolo típico na unidade litopedológica Central (Coordenadas: 31°20'07" e 52°44'36")



Fonte: O autor (2020).

Na Figura 76, são mostrados bloco de matacão granítico cinza-esbranquiçado com textura granular média (a), fendilhamento ou fratura e esfoliação de matacão do mesmo tipo rochoso (b), perfil de solo (c), e relevo típico da unidade (d).

Figura 76 – Blocos rochosos (a, b), perfil de solo (c) e relevo (d) da unidade litopedológica Central



Fonte: Trentin (2019).

## CAPÍTULO 6 - GEOMORFOLOGIA

Padrão, forma, compartimento ou unidade de relevo que enxergamos correspondem a uma série de acontecimentos. O aspecto primeiro que lhes originam e lhes dão forma, corresponde a base ou geologia, sobre a qual, e esculpando-a, há diversos aspectos físicos. Entre os quais, destaca-se a hidrografia, que vai esculpturar essas bases e também ser esculpada por elas. Os atributos físicos mais recentes, incluindo a hidrografia, são os solos, permanentemente transformados. (O autor, 2021)

A geomorfologia é a ciência que tem como objeto de estudo o relevo, a gênese, os materiais constituintes das formas e os processos atuantes (FLORENZANO, 2008; MARQUES, 2009; CHRISTOFOLETTI, 2009).

No presente capítulo, o objetivo é a apresentação das unidades geomorfológicas a partir da análise das formas do relevo, por meio de seus atributos de altitude, elementos componentes, declividade, plano, perfil e orientação das vertentes, bem como de um estudo da composição, dado pelo substrato e pelos solos, além das características hidrográficas.

### 6.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, segundo a compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, realizada pelo Projeto RADAM/Brasil (IBGE, 1986), ocorre no Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos, representados pela Região Geomorfológica do Planalto Sul-Rio-Grandense, mais especificamente na unidade geomorfológica dos Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul.

A unidade geomorfológica Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul corresponde aos relevos mais elevados, atingindo altitudes em torno de 400 a 500 metros, esculpida em rochas metamórficas e suítes graníticas do Complexo Canguçu.

Segundo Fragozo Cesar *et al.* (1986), o Batólito Pelotas, no qual Canguçu se insere, constitui um complexo plutônico caracterizado por muitas e distintas intrusões, sendo marcado por diversas fases. Conforme Philipp *et al.* (2000), essa estrutura está relacionada ao Ciclo Brasileiro (750-550 Ma).

Assim, Canguçu compreende padrões de relevo em planícies, colinas, morrotes e morros. Os topos das colinas, os morrotes e os morros caracterizam as remanescentes das superfícies mais antigas do modelado da área, fato também

observado por Rehbein e Dutra (2020), em um estudo da área de influência do Batólito Pelotas.

As unidades geomorfológicas de Canguçu são relacionadas e analisadas conforme suas características evolutivas, separadas em padrões de acumulação, aplainamento e dissecação.

## 6.2 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE ACUMULAÇÃO

Os padrões de acumulação, caracterizados por relevo plano nas menores altitudes de Canguçu, ocorrem no extremo norte do município, estando próximos ao rio Camaquã, no nordeste, nas proximidades do Arroio Sapato, e com uma pequena área localizada no oeste da área de estudo. Esses padrões foram separados em duas unidades: Planícies do Sistema Camaquã e Planícies do Sistema Sapato-Camaquã (Figura 77).

Figura 77 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de acumulação

Unidade	Formas de relevo	Litologias	Solos
Planícies do Sistema Sapato-Camaquã	Planícies	Depósitos sedimentares	Hidromórficos
Planícies do Sistema Camaquã		Rochas sedimentares	Hidromórficos

Organização: O autor (2020).

### 6.2.1 Unidade Planícies do Sistema Sapato-Camaquã

Essa unidade se situa na porção norte e, sobretudo, no nordeste da área de estudo, possuindo 42,04 km<sup>2</sup> e sendo a segunda unidade menos representativa, com pouco mais de 1% da área municipal. É caracterizada, em quase 100% de sua respectiva área, por elementos planos. Nos limites da unidade, ocorrem picos, cristas e base das encostas, que, quando somados, não ultrapassam 0,06% (Tabela 7).

As vertentes predominantes são, definitivamente, aquelas com curvatura convergente, marcando rebaixamentos e canais de drenagem. Além disso, esse local apresenta uma área relativamente importante, uma unidade geomorfométrica de vertentes com plano de curvatura divergente e perfil convexo, caracterizando pequenas ondulações (Tabela 7).

Tabela 7 – Relação da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Sapato-Camaquã com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomorfométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	42,00	99,98	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	0,13	0,30
Base da encosta	0,01	0,02	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	0,13	0,30
			IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	0,10	0,23
			X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	24,79	59,07
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	4,16	9,90
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	12,68	30,20

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Ao norte, a unidade geomorfológica compreende litologias de Depósitos Aluvionares, presentes nas proximidades do rio Camaquã, caracterizando solos hidromórficos (Planossolos e Gleissolos). Ao nordeste, situa-se sobre Depósitos Elúvio-Coluvionares, que, quando associados ao relevo plano, caracterizam o hidromorfismo dos solos, formando Planossolos.

Relacionado à uniformidade litológica há o predomínio do padrão de drenagem dendrítico; já ao relevo plano e à boa permeabilidade dos solos, relaciona-se a densidade hidrográfica pobre. Ao norte, sobre a baixa bacia dos Arroios Pantanoso e Santo Antônio, ocorrem poucos canais fluviais de primeira ordem. Por outro lado, ao nordeste, da baixa para a média bacia do Arroio Sapato, há um número mais importante desses canais, bem como a formação de corpos d'água.

A representação da unidade geomorfológica em questão se encontra na Figura 78. Nela, destaca-se o elemento plano – característica morfológica que vai favorecer o uso agrícola e dificultar os processos morfodinâmicos.

Figura 78 – Características da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Sapato-Camaquã (Coordenadas: 30°58'02" e 52°39'32"; Orientação: Leste)



Fonte: O autor (2020).

### 6.2.2 Unidade Planícies do Sistema Camaquã

Situada ao norte da área de estudo, a unidade Planícies do Sistema Camaquã tem área de 20,71 km<sup>2</sup>, portanto é a menos representativa, com menos de 1% do município. É caracterizada, em quase 100% de sua respectiva área, por elementos planos. Em apenas 0,02% ocorre a base da encosta (Tabela 8).

As características geomorfométricas são equivalentes às das Planícies do Sistema Sapato-Camaquã. Predomina-se, então, a unidade de vertentes com um plano de curvatura convergente, marcando relativos rebaixamentos e cursos fluviais. Também, há representatividade considerável de curvatura de vertentes de plano divergente e perfil convexo, denotando relativas ondulações (Tabela 8).

Tabela 8 – Relação da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Camaquã com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomorfo-métricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	20,70	99,98	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	0,04	0,19
Base da encosta	0,01	0,02	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	0,01	0,04
			X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	13,17	63,55
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	1,66	8
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	5,85	28,22

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Essa unidade compreende litologias de sequências sedimentares da Formação Sanga do Cabral, as quais, associadas ao relevo plano, caracterizam solos hidromórficos do tipo Gleissolos e, predominantemente, Planossolos.

Relacionada ao relevo plano da baixa bacia do Sistema Camaquã, além da relativa permeabilidade dos solos, há a densidade hidrográfica pobre, enquanto o padrão dendrítico se relaciona à uniformidade das rochas sedimentares. Logo, há predomínio de canais fluviais superiores à primeira ordem.

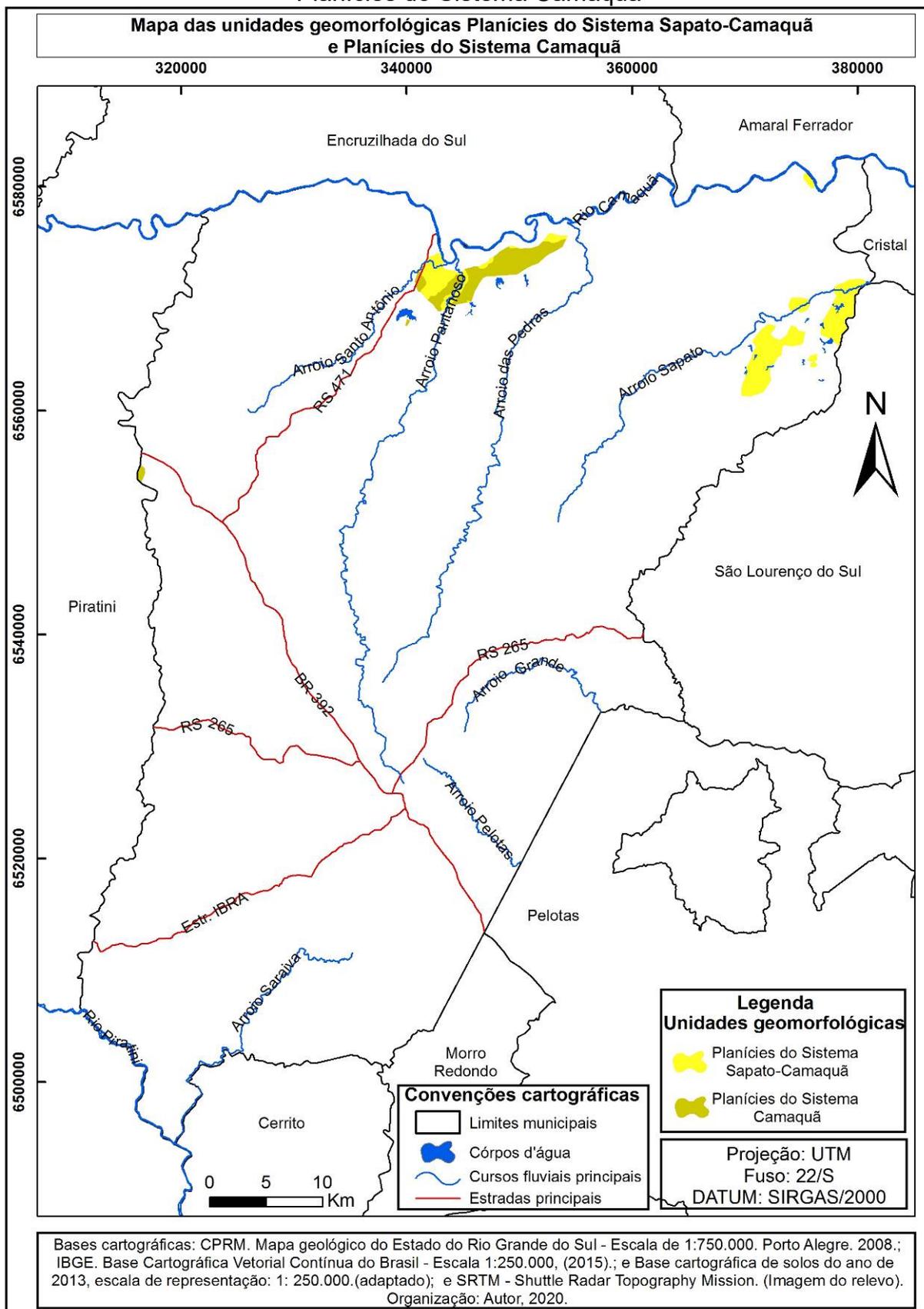
A representação da Planícies do Sistema Camaquã está presente na Figura 79. Na imagem, destaca-se o elemento plano com leve ondulação, o que minimiza os processos morfodinâmicos e favorece a agricultura. A espacialização das unidades geomorfológicas Planícies do Sistema Sapato-Camaquã e Planícies do Sistema Camaquã é representada pela Figura 80.

Figura 79 – Características da unidade geomorfológica Planícies do Sistema Camaquã (Coordenadas: 30°59'02" e 52°40'03"; Orientação: Leste)



Fonte: O autor (2020).

Figura 80 – Unidades geomorfológicas Planícies do Sistema Sapato-Camaquã e Planícies do Sistema Camaquã



Organização: O autor, 2020.

### 6.3 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE APLAINAMENTO

As unidades geomorfológicas da área de estudo, resultantes dos processos de aplainamento, são representadas por uma característica básica de relevo: ele é levemente ondulado. Como consequência dos processos morfogenéticos, a maior parte dessas unidades apresenta topos convexos com aplainamentos.

O relevo com característica de ser levemente ondulado está concentrado no centro, em uma parte do norte, no nordeste, em uma pequena área de ocorrência ao oeste da área de estudo e em outra ao sul, sendo representado pelas unidades geomorfológicas Colinas Graníticas Pantanoso, Colinas Metagraníticas Lacerda, Colinas Sedimentares, Colinas de Depósitos Recentes e Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes (Figura 81).

Figura 81 – Características físicas das unidades geomorfológicas de aplainamento

Unidade	Formas de relevo	Litologias	Solos
Colinas Graníticas Pantanoso	Colinas	Graníticas	Desenvolvidos
Colinas Metagraníticas Lacerda		Metagranitos	Desenvolvidos
Colinas Sedimentares		Rochas sedimentares	Desenvolvidos
Colinas de Depósitos Recentes		Depósitos sedimentares	Hidromórficos
Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes		Metagranitos	Mal desenvolvidos

Organização: O autor (2020).

#### 6.3.1 Unidade Colinas Graníticas Pantanoso

A unidade geomorfológica Colinas Graníticas Pantanoso tem área de 143,30 km<sup>2</sup> ou 4,06% da área de estudo. Ela está situada desde as maiores altitudes, localizadas na região central de Canguçu, até as menores, que estão ao norte.

Mais de 55% de sua área é formada por base da encosta, encostas e áreas planas, caracterizando um relevo erodido ou senil sobre litologias graníticas (Cerro Grande, Arroio Moinho e Serra do Herval). Vales e ressaltos também têm áreas relativamente expressivas (Tabela 9); esses primeiros elementos representam áreas rebaixadas, planície aluvial e corpo hídrico, enquanto os ressaltos indicam áreas de substrato rochoso mais resistente.

Três unidades geomorfométricas estão presentes, sendo duas de altitudes maiores e outra de altitudes menores do que a média, porém todas são caracterizadas por vertentes com plano de curvatura convergente, predominantes na Colinas Graníticas Pantanoso (Tabela 9). Identificam, sobretudo, o terço inferior das vertentes formadas por relevo de áreas planas, com rebaixamentos, base das encostas e vales; indicam, até mesmo, cabeceiras de drenagem.

Tabela 9 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Graníticas Pantanoso com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor- fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	24,69	17,23	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	16,99	11,84
Base da encosta	29,04	20,26	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,28	3,68
Crista	14,77	10,31	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	11,38	7,93
Crista secundária	6,84	4,77	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	20,90	14,56
Encosta	26,44	18,45	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,19	3,61
Escavado	4,62	3,23	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	13,54	9,43
Pico	0,31	0,22	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	14,34	9,99
Ressalto	19,76	13,79	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	6,28	4,37
Vale	16,82	11,74	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	10,70	7,45
			X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	21,49	14,99
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	6,08	4,23
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	11,37	7,92

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

O relevo levemente ondulado das Colinas Graníticas Pantanoso, marcado por um índice relativamente alto de elementos em áreas planas e base da encosta (Tabela 9), favorece a pedogênese. Os solos são bem desenvolvidos, principalmente os do tipo Argissolos vermelho-amarelo e amarelo.

A unidade geomorfológica perfaz uma importante porção da média baixa bacia do arroio Pantanoso. A drenagem se constitui de diferentes padrões, sobressaindo-se o retangular e o paralelo. Esse último predomina, correspondendo ao controle estrutural de diáclases e de falhas litológicas.

Na Figura 82, representativa das Colinas Graníticas Pantanoso, tem-se elementos de relevo em encostas com bases alongadas. Além disso, coloca-se em destaque as vertentes com plano de curvatura convergente.

Figura 82 – Características da unidade geomorfológica Colinas Graníticas Pantanoso (Coordenadas: 31°27'11" e 52°52'37"; Orientação: Norte)



Fonte: O autor (2020).

### 6.3.2 Unidade Colinas Metagraníticas Lacerda

A unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas Lacerda tem área de 251,06 km<sup>2</sup> ou 7,13% da área de estudo. Ela está situada desde as maiores altitudes, localizadas na região central, até as menores, que se encontram ao norte.

Os elementos de relevo que mais se destacam, perfazendo mais de 58% da unidade, são as áreas planas, a base das encostas e as encostas que caracterizam processos de dissecação homogênea, sendo, relativamente, de fracos a médios. Outro elemento de relevo com área um tanto representativa são os ressaltos, indicando áreas de substrato rochoso mais resistente e com afloramentos (Tabela 10).

Dessa forma, ocorrem duas unidades geomorfométricas, as quais são caracterizadas por altitudes maiores do que a média; além disso, as vertentes com plano de curvatura convergente são predominantes (Tabela 10). Representam,

assim, as baixas vertentes sobre áreas planas com rebaixamentos, base da encosta e vales.

Tabela 10 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas Lacerda com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor-fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	59,59	23,74	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	41,67	16,58
Base da encosta	46,86	18,66	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	12,70	5,05
Crista	23,62	9,41	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	28,47	11,33
Crista secundária	8,50	3,39	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	62,49	24,89
Encosta	41,37	16,48	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	15,80	6,29
Escavado	6,93	2,76	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	37,65	14,98
Fosso	0,02	0,00	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	9,22	3,67
Pico	0,23	0,09	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	4,23	1,68
Ressalto	39,54	15,75	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	7,37	2,93
Vale	24,38	9,72	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	17,45	6,94
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	4,69	1,86
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	9,56	3,80

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

O relevo bastante retrabalhado pela morfogênese e, posteriormente, pela pedogênese contribuiu para a formação de solos bem desenvolvidos. Destacam-se os Argissolos vermelho-amarelo sobre litologias dos Metagranitoides que caracterizam a unidade geomorfológica em estudo.

A hidrografia se constitui predominantemente por cursos fluviais de primeira ordem, sobretudo nos divisores d'água das bacias dos rios Piratini e Camaquã. Há, desse modo, o predomínio de um padrão de drenagem dendrítico-retangular associado ao controle estrutural.

Na Figura 83, representativa da unidade, tem-se os elementos de relevo encosta e vale. Há um destaque, ainda, para as vertentes com plano de curvatura convergente. As características de relevo e de solos vão favorecer a agricultura.

Figura 83 – Características da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas Lacerda (Coordenadas: 31°22'37" e 52°42'52"; Orientação: Nordeste)



Fonte: O autor (2020).

### 6.3.3 Unidade Colinas Sedimentares

A unidade geomorfológica Colinas Sedimentares, localizada ao norte e oeste de Canguçu, tem área de 81,24 km<sup>2</sup> ou 2,31% do município. As altitudes predominantes não ultrapassam 200 metros.

Quase metade da unidade é caracterizada por elementos planos, demonstrando o avanço de processos de aplanamento. Outros elementos representativos são a base das encostas e as encostas, caracterizando porções de dissecação fraca (Tabela 11).

Nessa área, a unidade geomorfométrica que predomina é a composta por altitudes menores do que a média e por curvatura de vertente de plano convergente, caracterizando quase 40% das Colinas Sedimentares. Logo, perfaz os rebaixamentos sobre as áreas planas, os vales e a base das encostas. Outra unidade geomorfométrica relativamente representativa caracteriza altitudes menores do que a média, bem como vertentes com plano de curvatura divergente e perfil

convexo. Dessa forma, marca porções ligeiramente onduladas, disseminadas em todos os elementos do relevo (Tabela 11).

Tabela 11 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Sedimentares com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor- fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	39,09	48,15	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	0,06	0,07
Base da encosta	13,19	16,26	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	0,02	0,02
Crista	4,68	5,77	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	0,18	0,22
Crista secundária	2,55	3,14	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	0,01	0,01
Encosta	9,65	11,89	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	0,05	0,06
Escavado	1,50	1,85	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	11,46	14,10
Fosso	0,08	0,09	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,04	6,20
Pico	0,24	0,30	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	8,44	10,39
Ressalto	4,86	5,99	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	31,16	38,38
Vale	5,33	6,56	XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	7,95	9,78
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	16,88	20,77

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Fonte: O autor (2020).

O relevo levemente ondulado, com predomínio de elementos planos sobre litologias sedimentares, é condicionante para a formação de solos desenvolvidos, como os que caracterizam as Colinas Sedimentares, apesar de serem pouco profundos. Ao norte, essa área é caracterizada pelos Argissolos vermelho-amarelo e, ao oeste, pelos Luvisolos crômico. Esses são os fatores que vão influenciar positivamente o uso agrícola da unidade.

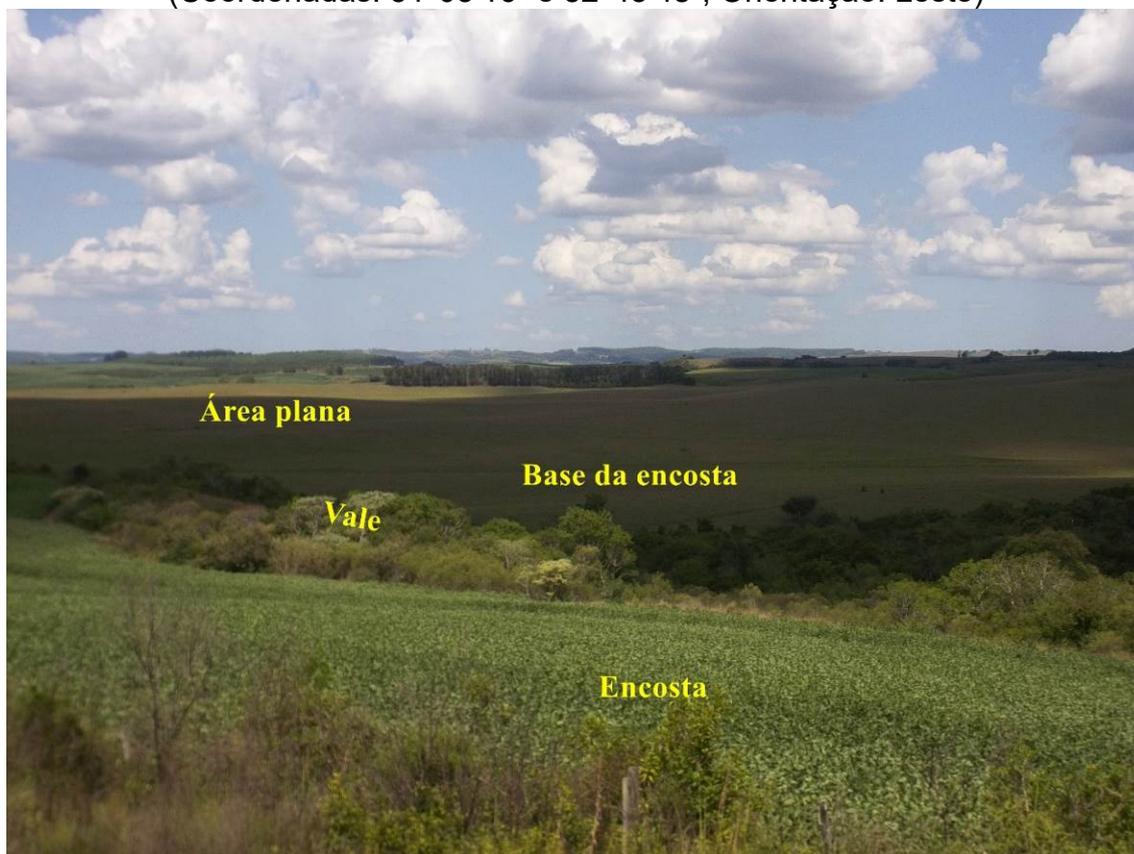
As Colinas Sedimentares compreendem uma parte importante da baixa bacia do arroio Santo Antônio. A hidrografia se caracteriza por cursos fluviais, com hierarquias que vão da primeira até a sexta ordem no baixo curso desse arroio. A drenagem com padrão dendrítico e tipo meandrante é predominante, associando-os às litologias da Formação Sanga do Cabral, de resistência uniforme.

Através de trabalhos *in loco*, observa-se algumas morfodinâmicas em estágio avançado na unidade. Com o solo desprotegido e em consequência da ação de erosão linear, desenvolveram-se voçorocas, as quais avançam rapidamente, principalmente no oeste das Colinas Sedimentares, *vide* Capítulo 4, seção 4.1.1.3.

Na Figura 84 e em seu primeiro plano, destacam-se os elementos encosta e vale, e, no segundo plano, a base da encosta e a área plana. Além disso, estão em

evidência as vertentes com plano de curvatura convergente, além da cobertura arbórea restrita ao vale.

Figura 84 – Características da unidade geomorfológica Colinas Sedimentares (Coordenadas: 31°03'16" e 52°43'48"; Orientação: Leste)



Fonte: O autor (2020).

#### 6.3.4 Unidade Colinas de Depósitos Recentes

A unidade Colinas de Depósitos Recentes está presente no extremo norte e no nordeste da área de estudo, com área de 112,83 km<sup>2</sup> ou 3,2% do município. Ela é predominantemente caracterizada por altitudes menores que 100 metros.

A unidade é identificada por elementos em áreas planas, que predominam em mais de 82% de sua área – aspecto relacionado às litologias de Depósitos Sedimentares. Os sucessivos processos de deposição e retrabalhamento desses depósitos formaram o sopé das vertentes ou a base das encostas, sendo o elemento com a segunda maior área das Colinas de Depósitos Recentes (Tabela 12).

Praticamente metade da unidade em questão é caracterizada por geomorfometria de vertentes com plano de curvatura convergente, as quais estão

associadas aos elementos de relevo plano, rebaixamentos e corpos hídricos. Outra unidade geomorfométrica predominante se caracteriza pela curvatura de vertente de plano divergente e de perfil convexo, a qual representa ondulações suaves, em que ocorre a dispersão dos fluxos de matéria e energia (Tabela 12).

Tabela 12 – Relação da unidade geomorfológica Colinas de Depósitos Recentes com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor- fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	92,59	82,43	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	6,50	5,78
Base da encosta	10,62	9,46	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	2,08	1,86
Crista	0,78	0,69	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	4,94	4,39
Crista secundária	0,58	0,51	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	54,92	48,86
Encosta	2,94	2,62	XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	12,37	11,01
Escavado	0,08	0,08	XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	31,59	28,10
Pico	0,03	0,03							
Ressalto	3,24	2,88							
Vale	1,46	1,30							

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Ao norte, junto à várzea do rio Camaquã, a unidade é caracterizada pelos Depósitos Aluvionares, de modo que ocorre os Gleissolos Háptico. Ao nordeste, há as litologias de Depósitos Elúvio-Coluvionares da bacia do arroio Sapato, apresentando Planossolos.

Assim, associando-se às características litológicas da unidade e morfologia, estabelece-se a hidrografia predominantemente de padrão dendrítico. Devido à boa permeabilidade do substrato rochoso, há densidade hidrográfica relativamente pobre. Como representação da unidade, destaca-se a Figura 85, na qual são observados os elementos de relevo do tipo plano com ondulações leves.

Figura 85 – Características da unidade geomorfológica Colinas de Depósitos Recentes (Coordenadas: 31°03'34" e 52°20'08"; Orientação: Leste)



Fonte: O autor (2020).

### 6.3.5 Unidade Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes

Possuindo a menor área de ocorrência entre os compartimentos geomorfológicos com relevo levemente ondulado, destaca-se a unidade Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes. Ela está situada, em sua maioria, ao norte e, uma pequena área, ao sul da área de estudo, com 54,07 km<sup>2</sup> ou 1,53%. Além disso, a unidade compreende altitudes predominantemente inferiores a 100 metros, não ultrapassando os 200 metros.

Dessa maneira, a unidade é caracterizada, majoritariamente, pelos elementos base da encosta, encosta e crista (Tabela 13) – o predominante é o base da encosta, indicando um relevo pouco movimentado. Isso reflete a atuação dos processos morfogênicos sobre as litologias mais antigas do município, os Metagranitoides Foliados (PHILIPP, 1998; PHILIPP; MACHADO, 2001; CPRM, 2008).

Apesar de ela ser pouco entalhada, duas unidades geomorfométricas definidas por vertentes de curvatura de plano convergente caracterizam metade da unidade (Tabela 13). Essas estão disseminadas em praticamente todos os elementos de relevo, perfazendo a média e a baixa vertente, nas quais ocorre a convergência de fluxos de matéria e energia. Ainda, caracterizam uma porção de maior gradiente dos vales.

Tabela 13 – Relação da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor- fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	6,50	12,02	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	13,72	25,48
Base da encosta	11,68	21,61	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,19	9,64
Crista	8,19	15,16	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	10,12	18,79
Crista secundária	3,16	5,84	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	13,36	24,80
Encosta	10,09	18,67	XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	3,68	6,83
Escavado	1,97	3,65	XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	7,79	14,46
Pico	0,13	0,24							
Ressalto	4,25	7,87							
Vale	8,07	14,94							

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Os solos da unidade são rasos e pedregosos, do tipo Neossolos litólicos, certamente em razão da resistência ao intemperismo do material litológico. As vertentes são predominantemente voltadas para o oeste, 58,92%, o que favorece uma maior insolação, a qual se reflete em vertentes mais secas.

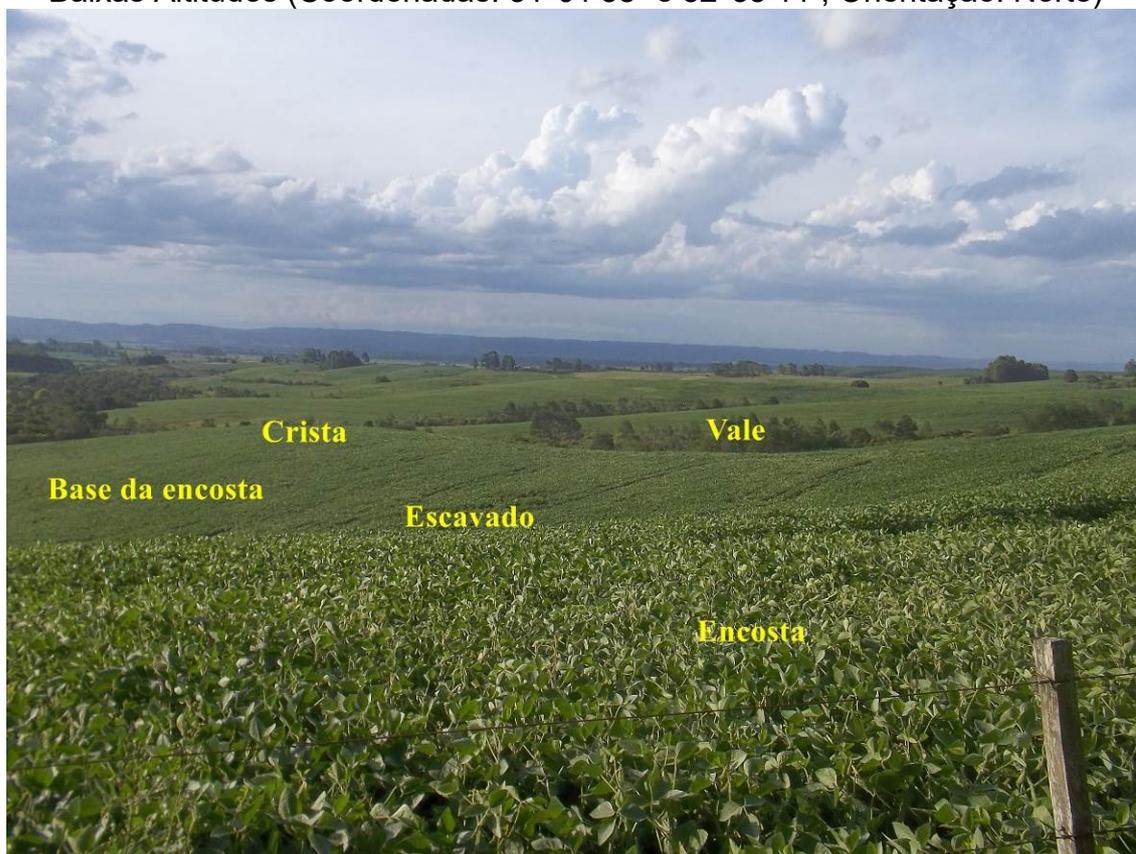
Há, ainda, densidade hidrográfica relativamente baixa – no geral, os cursos fluviais já alcançaram a linha de cumeada. Com isso, os condicionantes estruturais da área estabelecem padrão de drenagem dendrítico-retangular.

Pode-se considerar que, mesmo que os solos sejam desfavoráveis, o percentual considerável de encostas, associadas ao relevo de ondulação suave, irá despertar a exploração agrícola da unidade.

Na Figura 86, característica da unidade, destacam-se a curvatura de vertente de plano convergente e os elementos do relevo base da encosta, encosta, crista, escavado e vale. Nos vales, observa-se a formação de cabeceiras de drenagem, nas quais ocorrem as nascentes e, concomitantemente, os cursos fluviais de

primeira ordem. Também se destacam as encostas com bases bastante alargadas. Na Figura 87, são apresentadas as unidades geomorfológicas de aplainamento.

Figura 86 – Características da unidade geomorfológica Colinas Metagraníticas de Baixas Altitudes (Coordenadas: 31°01'58" e 52°35'44"; Orientação: Norte)



Fonte: O autor (2020).



## 6.4 PADRÕES GEOMORFOLÓGICOS DE DISSECAÇÃO

As unidades geomorfológicas que predominam na área de estudo, disseminadas em todas as orientações, têm relevo ondulado caracterizado por diferentes cotas altimétricas, ainda que predominantes entre as altitudes de 100 a 400 metros.

Os compartimentos geomorfológicos com essas características de relevo são as unidades Morrotes Graníticos Pelotas, Morrotes Metagraníticos Ibra, Morrotes Graníticos Pedras e Morrotes Metagraníticos Piratini (Figura 88).

Figura 88 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de dissecação em morrotes

Unidade	Formas de relevo	Litologias	Solos
Morrotes Graníticos Pelotas	Morrotes	Granitos	Desenvolvidos
Morrotes Metagraníticos Ibra		Metagranitos	Desenvolvidos
Morrotes Graníticos Pedras		Granitos	Mal desenvolvidos
Morrotes Metagraníticos Piratini		Metagranitos	Mal desenvolvidos

Organização: O autor (2020).

Diferentemente das unidades geomorfológicas estudadas anteriormente, nas unidades a seguir haverá um baixo percentual de elementos de relevo base da encosta. Devido às declividades mais acentuadas, os coluviões são facilmente transportados até os vales, sendo carregados pelos cursos fluviais.

### 6.4.1 Unidade Morrotes Graníticos Pelotas

A unidade Morrotes Graníticos Pelotas está presente em todo o município e tem área de 594,14 km<sup>2</sup> ou 16,88%. Ela é caracterizada, em mais de 65% da sua área, por elementos em encostas, vales e cristas (Tabela 14). Situa-se sobre os Granitoides (Cerro Grande, Arroio Moinho e Serra do Herval), as litologias, formadas por intrusões tardias de sieno, e os monzogranitos, compostos predominantemente por quartzo e feldspatos minerais, resistentes ao intemperismo.

A unidade geomorfométrica que prevalece em mais de 1/4 dos Morrotes Graníticos Pelotas tem altitudes maiores do que a média e vertentes com plano de curvatura convergente (Tabela 14). Assim, representa a média vertente, destacando-se sobre os escavados e, em parte, sobre a montante ou o superior dos vales.

Localizada nas altitudes altas, sendo outra unidade geomorfométrica mais expressiva, tem curvatura de vertente de plano divergente e perfil convexo (Tabela 14). Representa o terço superior das vertentes, em que se começa a dispersão dos fluxos de matéria e energia.

Tabela 14 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pelotas com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Un. Geomor-fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	4,27	0,72	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	150,17	25,30
Base da encosta	24,09	4,06	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	48,36	8,15
Crista	110,19	18,56	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	106,81	18
Crista secundária	78,38	13,20	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	49,33	8,31
Encosta	149,43	25,17	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	12,80	2,18
Escavado	63,22	10,65	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	32,96	5,55
Fosso	1,61	0,27	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	70,50	11,88
Pico	8,07	1,36	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	26,43	4,45
Ressalto	22,59	3,80	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	44,42	7,48
Vale	131,91	22,21	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	30,20	5,09
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	7,65	1,29
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	13,78	2,32

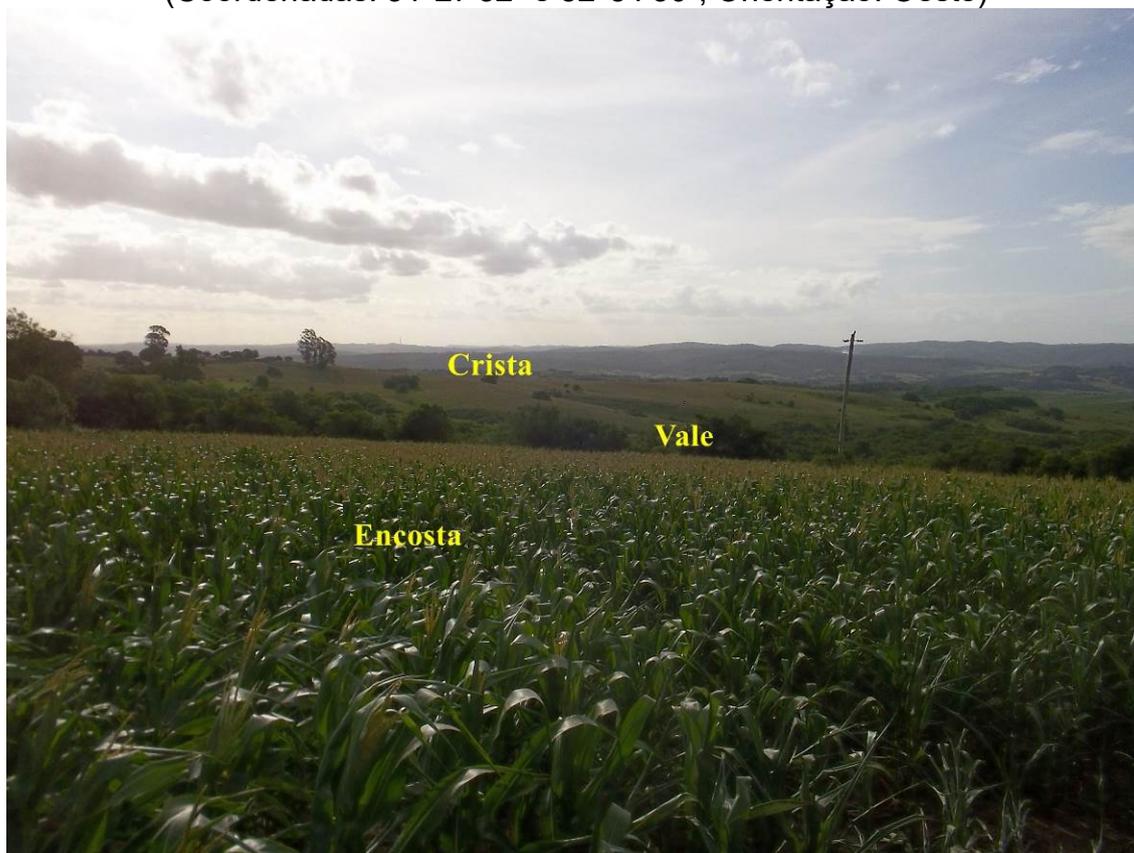
Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Na presente unidade geomorfológica, há pedogênese forte, visto que os solos são desenvolvidos, ocorrendo Luvissole crômico em uma pequena área, bem como Argissolo amarelo e, predominantemente, os Argissolos vermelho-amarelo. Os solos desenvolvidos e associados à representatividade de encostas vão influenciar positivamente as características agrícolas.

Como reflexo das características morfológicas e litológicas, o padrão de drenagem retangular é predominante. A unidade compreende a área de diferentes bacias hidrográficas, destacando-se uma parte importante da bacia do Arroio Pelotas. Representando-a, do primeiro ao último plano, há a Figura 89, na qual são observados os elementos de relevo do tipo encosta, vale e crista.

Figura 89 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pelotas (Coordenadas: 31°27'32" e 52°54'30"; Orientação: Oeste)



Fonte: O autor (2020).

#### 6.4.2 Unidade Morrotes Metagraníticos Ibra

A unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Ibra, mais concentrada no sul e no centro-leste da área de estudo, é a predominante, com 636,54 km<sup>2</sup> ou mais de 18% da extensão.

Nela, predominam os elementos de relevo em encostas, vales e cristas, perfazendo mais de 67% da unidade (Tabela 15). Esses elementos indicam o estágio de dissecação, que é maior quando comparado à unidade geomorfológica estudada anteriormente. Esse estágio mais avançado da dissecação se coaduna com suas litologias mais antigas, Metagranitoides (Foliados e Migmatizados).

Basicamente, duas unidades geomorfométricas vão prevalecer em praticamente metade dos Morrotes Metagraníticos Ibra (Tabela 15). Representando, sobretudo, a parte média da vertente sobre escavados e vales de cursos fluviais de primeira ordem, destaca-se a unidade geomorfométrica com altitudes maiores do que a média e com vertentes com plano de curvatura convergente.

Outra unidade geomorfométrica predominante que também ocorre em altitudes elevadas, porém possuindo vertentes com plano de curvatura convexo e perfil divergente, perfaz a alta vertente, especialmente a dos elevados topográficos, das cristas e das cristas secundárias (Tabela 15).

Tabela 15 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Ibra com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomor- fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	2,20	0,34	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	181,54	28,53
Base da encosta	18,49	2,91	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	59,69	9,38
Crista	119,95	18,85	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	128,94	20,26
Crista secundária	83,71	13,16	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	58,83	9,24
Encosta	160,16	25,17	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	15,48	2,43
Escavado	70,72	11,12	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	38,21	6
Fosso	2,51	0,39	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	57,67	9,06
Pico	7,77	1,22	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	21,42	3,37
Ressalto	21,98	3,45	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	35,39	5,56
Vale	148,72	23,37	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	23,61	3,71
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,71	0,90
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	9,87	1,56

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

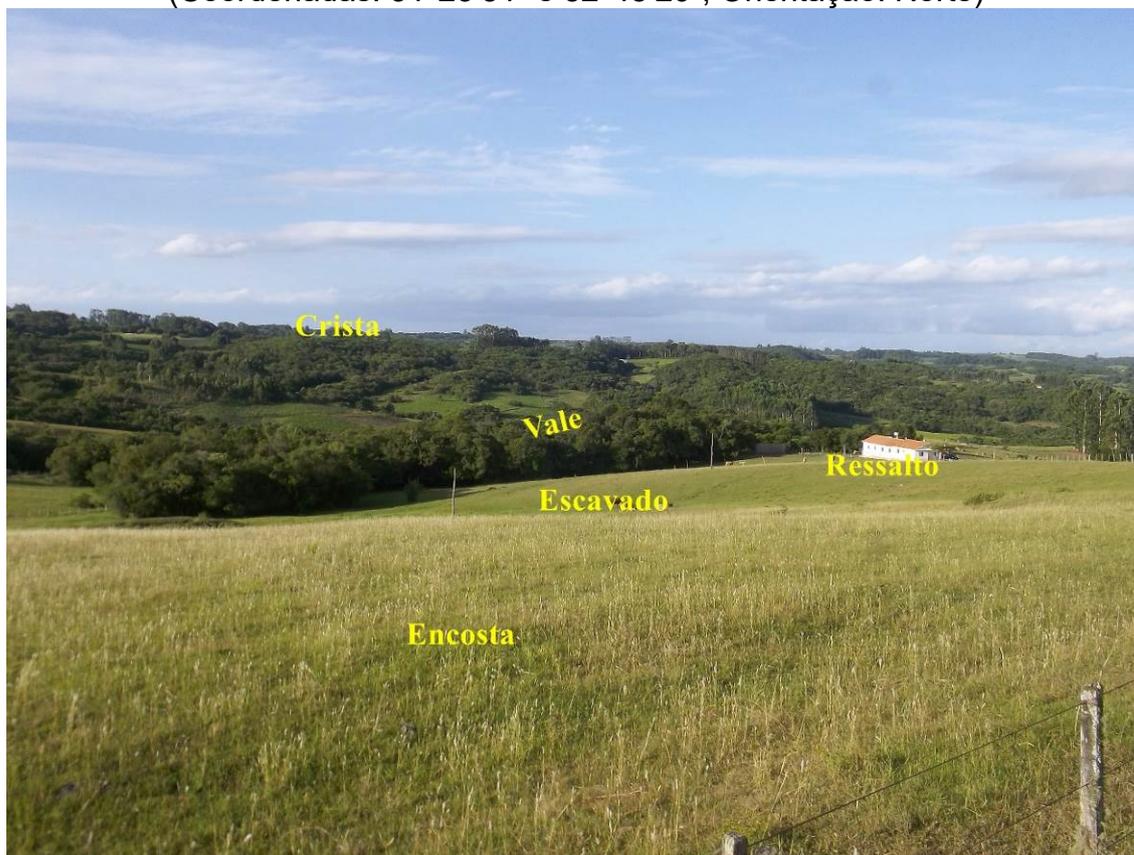
Organização: O autor (2020).

As características litológicas da unidade geomorfológica e os condicionantes pedogenéticos formam solos desenvolvidos (Argissolos vermelho-amarelo). Há o predomínio de vertentes com orientação para o leste, o que as caracteriza como mais úmidas.

Desse modo, os solos desenvolvidos favorecem as práticas agrícolas na unidade, a qual compreende uma área de muitas bacias hidrográficas, destacando-se a alta bacia do Arroio Saraiva. Assim, prevalecem os padrões de drenagem dendrítico e, principalmente, o retangular.

Na Figura 90, representativa da unidade, observando-a do primeiro ao último plano, destacam-se os elementos de relevo encosta, escavado, ressalto, vale e crista.

Figura 90 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Ibra (Coordenadas: 31°23'51" e 52°48'20"; Orientação: Norte)



Fonte: O autor (2020).

#### 6.4.3 Unidade Morrotes Graníticos Pedras

A unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pedras está concentrada no centro-noroeste de Canguçu, com área de 541,31 km<sup>2</sup> ou 15,37%. É caracterizada por significativa dissecação, dado o percentual de elementos em vales, seguida de encostas e cristas, caracterizando mais de 67% da unidade (Tabela 16).

Nesse sentido, as unidades geomorfométricas definidas por curvatura de vertentes de plano convergente e que ocorrem tanto nas altas quanto nas baixas altitudes vão predominar (Tabela 16). Logo, estão concentradas na baixa e, sobretudo, na média vertente, tipificando entalhamentos marcados por escavados e vales de montante.

Tabela 16 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pedras com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomorfo-métricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	2,21	0,41	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	100,25	18,54
Base da encosta	8,65	1,60	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	32,03	5,92
Crista	105,36	19,48	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	79,66	14,74
Crista secundária	82,59	15,27	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	18,77	3,48
Encosta	119,96	22,17	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	4,83	0,89
Escavado	63,20	11,68	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	14,80	2,74
Fosso	6,71	1,24	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	122,15	22,60
Pico	8,76	1,62	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	45,93	8,50
Ressalto	4,62	0,85	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	73,74	13,64
Vale	138,91	25,68	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	29,50	5,46
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	7,58	1,40
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	11,33	2,09

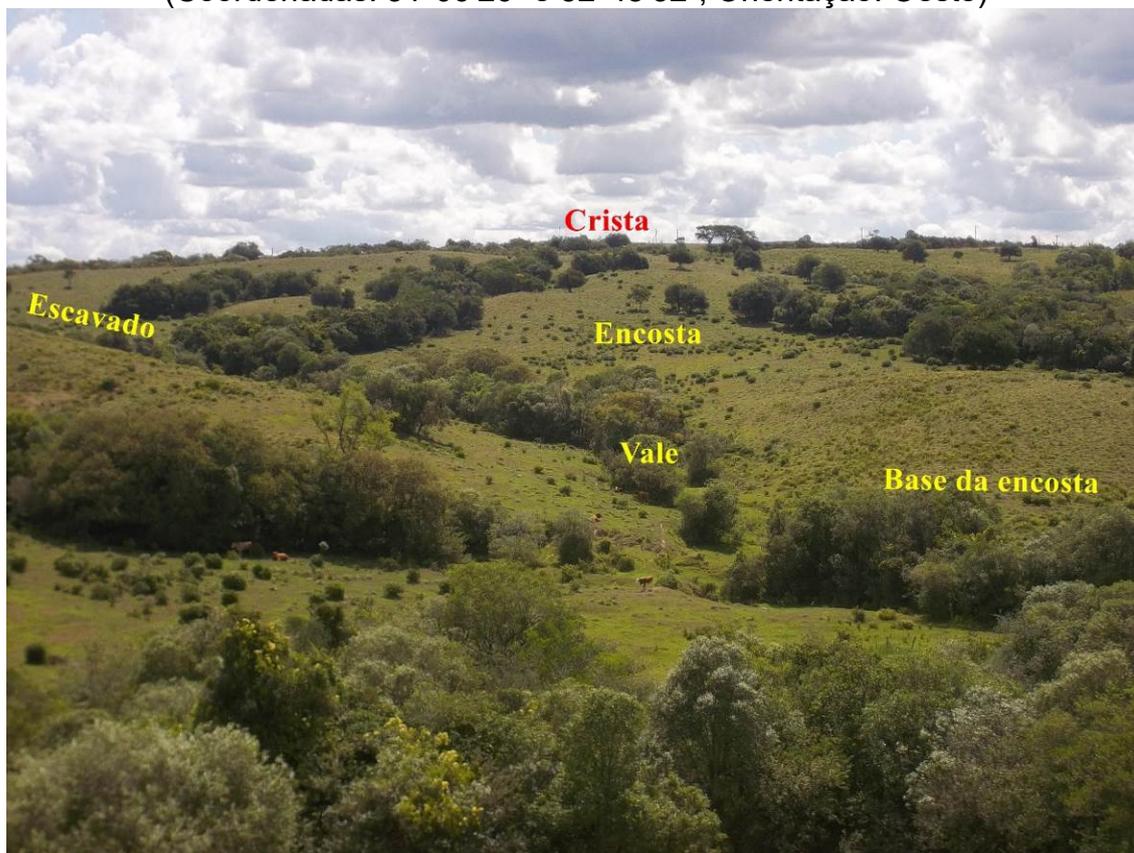
Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor, 2020.

As litologias dos Granitoides (Encruzilhada do Sul, Cordilheira, Cerro Grande, Arroio Moinho e Serra do Herval) caracterizam os Morrotes Graníticos Pedras. O relevo movimentado, associado a essas litologias, forma solos mal desenvolvidos (Neossolos litólicos). As vertentes, nessa unidade geomorfológica, são mais secas, com orientações para o leste (54,06%).

Os Morrotes Graníticos Pedras também compreendem áreas de muitas bacias hidrográficas da área de estudo, ressaltando-se, sobre a média, a bacia do Arroio das Pedras. Assim, a hidrografia tem padrão retangular, obedecendo às fraquezas estruturais dos Granitos. Na Figura 91, é possível observar elementos que predominam na unidade geomorfológica, além do escavado e, inclusive, da base da encosta.

Figura 91 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Graníticos Pedras (Coordenadas: 31°06'26" e 52°48'32"; Orientação: Oeste)



Fonte: O autor (2020).

#### 6.4.4 Unidade Morrotes Metagraníticos Piratini

Com a segunda maior área de ocorrência no município de Canguçu, 625,85 km<sup>2</sup> ou pouco menos de 18%, destaca-se a unidade Morrotes Metagraníticos Piratini, aparecendo-se nas orientações sul e centro-norte.

Os elementos de relevo que predominam na unidade também são vales, encostas e cristas, e, quanto somados, equivalem a mais de 66%. Quase 1/4 da unidade é formada por vales. Duas unidades geomorfométricas predominantes, tanto em altas quanto baixas altitudes, vão perfazer a média vertente dos Morrotes Metagraníticos Piratini (Tabela 17), o que ocorrerá principalmente sobre encostas, escavados e vales de maior gradiente.

Tabela 17 – Relação da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Piratini com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Unidades Geomorfo-métricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	3,64	0,58	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	108,54	17,35
Base da encosta	15,69	2,51	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	35,30	5,64
Crista	105,63	16,89	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	84,06	13,43
Crista secundária	93,93	15,02	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	20,75	3,32
Encosta	155,78	24,91	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	5,80	0,93
Escavado	74,48	11,92	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	14,77	2,36
Fosso	5,48	0,88	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	144,20	23,06
Pico	8,26	1,32	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	52,15	8,33
Ressalto	6,09	0,98	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	89,82	14,35
Vale	156,27	24,99	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	40,89	6,53
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	10,49	1,68
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	18,92	3,02

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

Essas características morfológicas estão relacionadas às litologias Metagranitoides (Foliados e Migmatizados). Os solos são mal desenvolvidos (Neossolos litólicos), sendo isso um reflexo do relevo movimentado. Predominam-se as vertentes mais secas, com 53,37% viradas para o oeste.

A unidade compreende, ainda, uma grande parte das bacias hidrográficas, destacando-se a área significativa da bacia do rio Piratini. Ocorrem, nela, padrões de drenagem dendrítico-retangular, com predomínio desse último padrão.

Na Figura 92, representativa dos Morrotes Metagraníticos Piratini, observa-se os vales cobertos pela vegetação nativa arbórea, as encostas com usos de silvicultura e lavouras e o elemento crista.

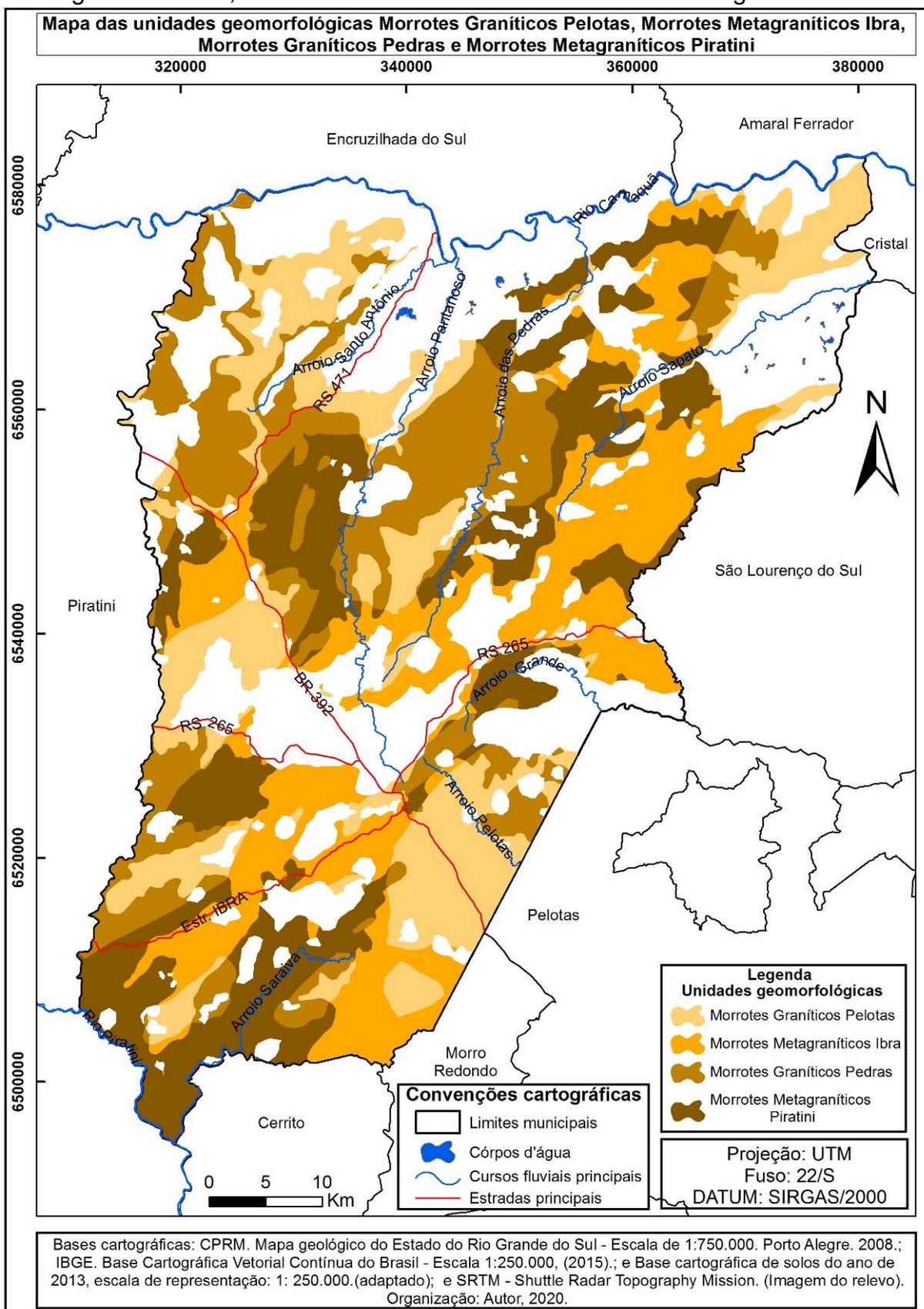
Figura 92 – Características da unidade geomorfológica Morrotes Metagraníticos Piratini (Coordenadas: 31°22'42" e 52°50'00"; Orientação: Sudeste)



Fonte: O autor (2020).

Na Figura 93, tem-se a espacialização das unidades geomorfológicas Morrotes Graníticos Pelotas, Morrotes Metagraníticos Ibra, Morrotes Graníticos Pedras e Morrotes Metagraníticos Piratini.

Figura 93 – Unidades geomorfológicas Morrotes Graníticos Pelotas, Morrotes Metagraníticos Ibra, Morrotes Graníticos Pedras e Morrotes Metagraníticos Piratini



Organização: O autor (2020).

Os padrões geomorfológicos com relevo fortemente ondulado estão espacializados em todos os sentidos da área de estudo, sendo mais expressivos ao noroeste, leste e centro-sul. Assim como as unidades com relevo ondulado, as unidades a serem analisadas estão caracterizadas, em sua maioria, por altitudes entre 100 e 400 metros. Os padrões geomorfológicos a se estudar foram separados nas unidades Morros Graníticos Marinheiro e Morros Metagraníticos Santa Bárbara (Figura 94).

Figura 94 – Características físicas dos padrões geomorfológicos de dissecação em morros

Unidade	Formas de relevo	Litologias	Solos
Morros Graníticos Marinheiro	Morros	Granitos	Mal desenvolvidos
Morros Metagraníticos Santa Bárbara		Metagranitos	Mal desenvolvidos

Organização: O autor (2020).

#### 6.4.5 Unidade Morros Graníticos Marinheiro

A unidade geomorfológica Morros Graníticos Marinheiro tem área de 275,20 km<sup>2</sup> ou 7,81%, predominando ao noroeste da área de estudo. Com áreas menos representativas, também está disseminada nas demais orientações.

Elementos de relevo em vales, cristas e encostas prevalecem, com mais de 61%. Os vales encaixados denotam pleno processo de dissecação da área, devido à expressividade de cristas. Nas encostas fortemente inclinadas, os coluviões chegam até os vales, sendo transportados pelos cursos fluviais; consecutivamente, a base das encostas é pouco representativa (Tabela 18).

Quase 1/3 dos Morros Graníticos Marinheiro é caracterizado por unidade geomorfométrica com altitudes menores do que a média, e vertentes com plano de curvatura convergente (Tabela 18). Dessa forma, essa parte marca todos os setores das vertentes, cobrindo os escavados e o prolongamento deles, sendo assim constituído pelos cursos fluviais de primeira ordem.

Outra unidade geomorfométrica predominante, que também possui altitudes menores do que a média, mas com vertentes com plano de curvatura divergente e perfil convexo (Tabela 18), perfaz todos os setores das vertentes, marcando áreas de dissipação dos fluxos de matéria e energia.

Um aspecto peculiar é o relativo percentual de elementos do tipo picos, com área superior a 4% (Tabela 18). Esse dado se relaciona às litologias Graníticas

(unidades Cerro Grande, Encruzilhada do Sul, Cordilheira, Arroio Moinho e Serra do Herval). Especialmente sobre essa última, marcam-se afloramentos rochosos.

Esse elemento de relevo da unidade é um indicativo pela resistência erosiva das rochas, constituindo os elevados topográficos. O percentual de elementos picos e escavados é o maior, caracterizando a unidade Morros Graníticos Marinheiro como o relevo mais movimentado da área de estudo.

Tabela 18 – Relação da unidade geomorfológica Morros Graníticos Marinheiro com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Un. Geomor-fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	0,34	0,12	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	36,81	13,40
Base da encosta	4,85	1,77	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	11,80	4,29
Crista	55,58	20,22	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	39,75	14,47
Crista secundária	44,25	16,10	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	2,59	0,94
Encosta	51,37	18,68	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	0,88	0,32
Escavado	34,21	12,45	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	3,45	1,26
Fosso	9,89	3,60	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	83,12	30,26
Pico	12,07	4,39	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	34,40	12,52
Ressalto	0,64	0,23	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	47,84	17,41
Vale	61,69	22,44	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	9,32	3,39
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	1,96	0,71
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	2,82	1,03

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

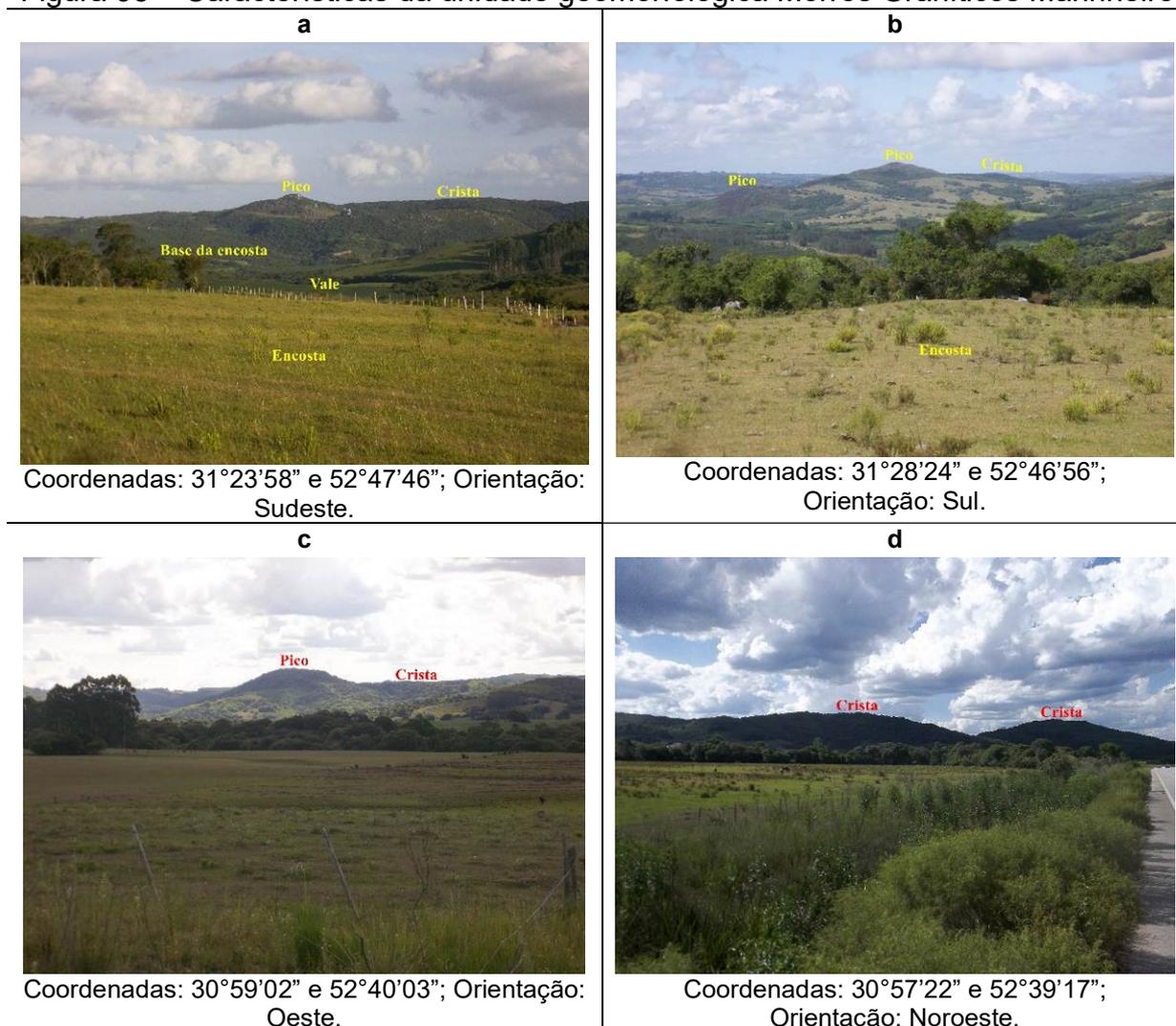
O relevo dos Morros Graníticos Marinheiro, caracteristicamente movimentado, relacionado ao seu substrato litológico, propicia solos mal desenvolvidos (Neossolos litólicos). São comuns os campos de matações, caracterizando, além dos picos, as cristas. As vertentes são predominantemente mais secas, pois mais de 53% são viradas para o oeste.

Os Morros Graníticos Marinheiro perfazem uma área de muitas bacias hidrográficas, sobretudo uma importante parte da bacia do arroio Santo Antônio. Destacam-se as cabeceiras de drenagem, formando cursos fluviais de primeira ordem, sendo esses marcados pelos elementos de relevo escavado. Esses elementos, então, evoluem sobre as encostas e cristas em um contínuo processo de dissecação.

Estabelece-se, com isso, um padrão de drenagem predominantemente retangular, acompanhando zonas de falhas, fraturas, diáclases, fraquezas e/ou contatos estruturais.

Para representação da unidade, é relacionada a Figura 95. Nela, os quadrantes (A e B) enfatizam os elementos pico e cristas, e os quadrantes (C e D), os elementos cristas e picos com topos de plano-convexidades.

Figura 95 – Características da unidade geomorfológica Morros Graníticos Marinheiro



Fonte: O autor (2020).

#### 6.4.6 Unidade Morros Metagraníticos Santa Bárbara

A unidade geomorfológica Morros Metagraníticos Santa Bárbara predomina no leste e no centro-sul de Canguçu, com área de 140,79 km<sup>2</sup> ou 3,99%. Em 63% da unidade geomorfológica, prevalecem os elementos de relevo vales, encostas e

cristas secundárias (Tabela 19). As cristas secundárias têm altitudes menores do que as cristas, caracterizando os interflúvios e/ou divisores d'água e, também, denotando a expressiva erosão dos Morros Metagraníticos Santa Bárbara, marcados pela convexização de suas formas (Figura 96). Os vales alargados dimensionam a dissecação da unidade.

Com percentuais equivalentes ao relacionado anteriormente, três unidades geomorfométricas vão predominar sobre os Morros Metagraníticos Santa Bárbara (Tabela 19). Duas dessas unidades têm curvaturas de vertentes de plano convergente, situando-se nas altas e baixas altitudes. Assim, perfazem a média vertente nas áreas onde convergem fluxos de matéria e energia, especialmente sobre os elementos escavados e a porção superior dos vales. A outra unidade geomorfométrica predominante se situa nas altas altitudes, apresentando curvatura de vertente de plano divergente e perfil convexo. Perfaz, dessa forma, o terço superior e a cumeada ou o topo dos elementos cristas e cristas secundárias, marcando a convexidade dos Morros Metagraníticos Santa Bárbara.

Tabela 19 – Relação da unidade geomorfológica Morros Metagraníticos Santa Bárbara com elementos de relevo e unidades geomorfométricas

Elementos de relevo	km <sup>2</sup>	%	Un. Geomor-fométricas	Alt.	Dec.	Pl.	Pf.	km <sup>2</sup>	%
Área plana	0,09	0,06	I	> Média	> 5%	Pl.Cv	-	30,86	21,95
Base da encosta	2,17	1,54	II	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	11,15	7,93
Crista	22,74	16,18	III	> Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	28,84	20,52
Crista secundária	25,71	18,28	IV	> Média	< 5%	Pl.Cv	-	2,43	1,73
Encosta	30,79	21,89	V	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	0,70	0,50
Escavado	17,01	12,09	VI	> Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	2,22	1,58
Fosso	5,53	3,93	VII	< Média	> 5%	Pl.Cv	-	29,67	21,11
Pico	4,01	2,86	VIII	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cc	13,10	9,32
Ressalto	0,10	0,07	IX	< Média	> 5%	Pl.Dv	P.Cv	14,77	10,51
Vale	32,49	23,10	X	< Média	< 5%	Pl.Cv	-	4,63	3,28
			XI	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cc	1,29	0,92
			XII	< Média	< 5%	Pl.Dv	P.Cv	0,91	0,65

Legenda: Alt. (Altitude); Dec. (Declividade); Pl. (Plano); Pf. (Perfil); Pl.Cv (Plano Convergente); Pl.Dv (Plano Divergente); P.Cc (Perfil Côncavo); P.Cv (Perfil Convexo).

Organização: O autor (2020).

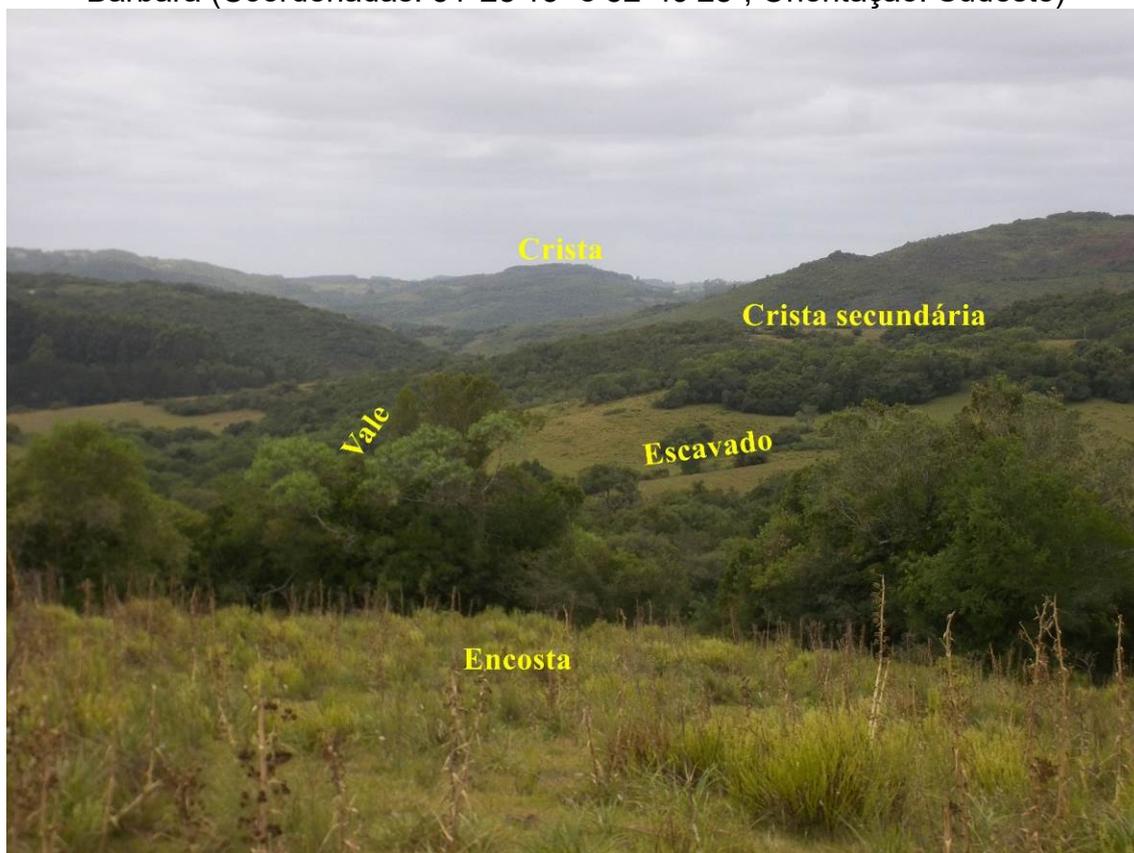
A dissecação forte da unidade está ligada às suas litologias, Metagranitos (Foliados, Migmatizados e Poços de Caldas). Desse modo, relacionado sobretudo às características morfológicas de declividades acentuadas, o regolito é facilmente

carreado para os vales, resultando em pedogênese fraca. Diante dessas condicionantes, formam-se solos rasos e pedregosos (Neossolos litólicos).

A unidade influencia muitas bacias hidrográficas, caracterizando uma parte importante da bacia do arroio Saraiva. Há outros padrões de drenagem, como o dendrítico que a caracteriza, mas o retangular é o predominante.

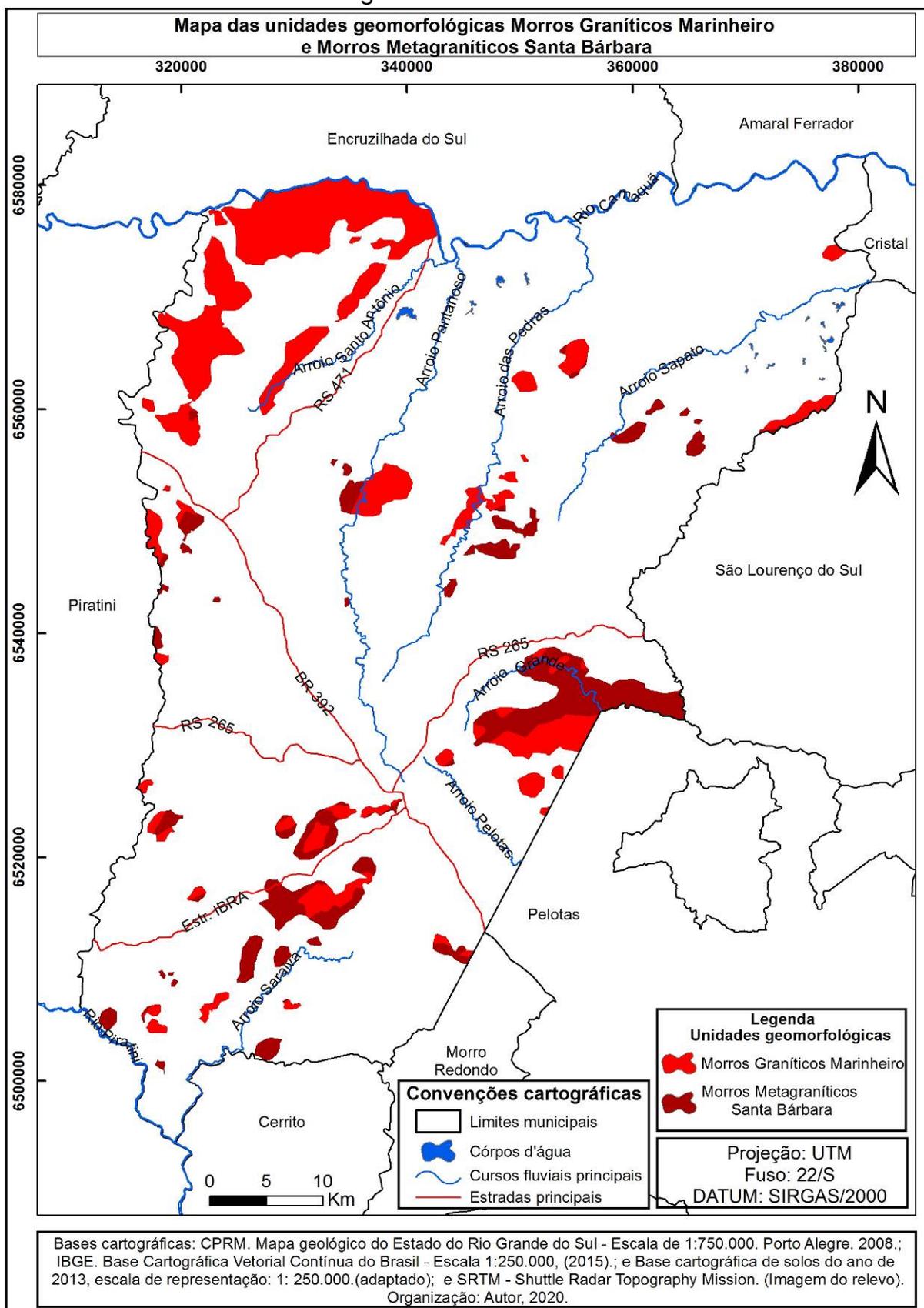
Na figura a seguir, são identificados elementos encosta, escavado, vale, crista secundária e crista. Os elevados topográficos apresentam forte convexidade, aspecto que dá identidade aos Morros Metagraníticos Santa Bárbara. A Figura 97 representa a espacialização das unidades geomorfológicas de relevo fortemente ondulado da área de estudo.

Figura 96 – Características da unidade geomorfológica Morros Metagraníticos Santa Bárbara (Coordenadas: 31°28'13" e 52°49'28"; Orientação: Sudeste)



Fonte: O autor (2020).

Figura 97 – Unidades geomorfológicas Morros Graníticos Marinheiro e Morros Metagraníticos Santa Bárbara



Organização: O autor (2020).

Através de trabalhos *in loco*, observa-se que, em termos de morfodinâmicas do relevo relativo, as seis últimas unidades geomorfológicas estudadas possuem um fator em comum: todas têm como principais processos morfodinâmicos as erosões laminares. Também, os processos lineares e, em especial, as voçorocas ocorrem nas margens dos cursos fluviais, onde a vegetação ciliar foi removida, e nas cabeceiras de drenagem, com esse mesmo problema.

A erosão laminar é o fator que ocasiona o assoreamento dos cursos fluviais – esse fato foi constatado por meio de trabalhos *in loco* e de conversas com a comunidade local. Além disso, a maior parte dos lagos existentes nos cursos fluviais estão sendo assoreados.

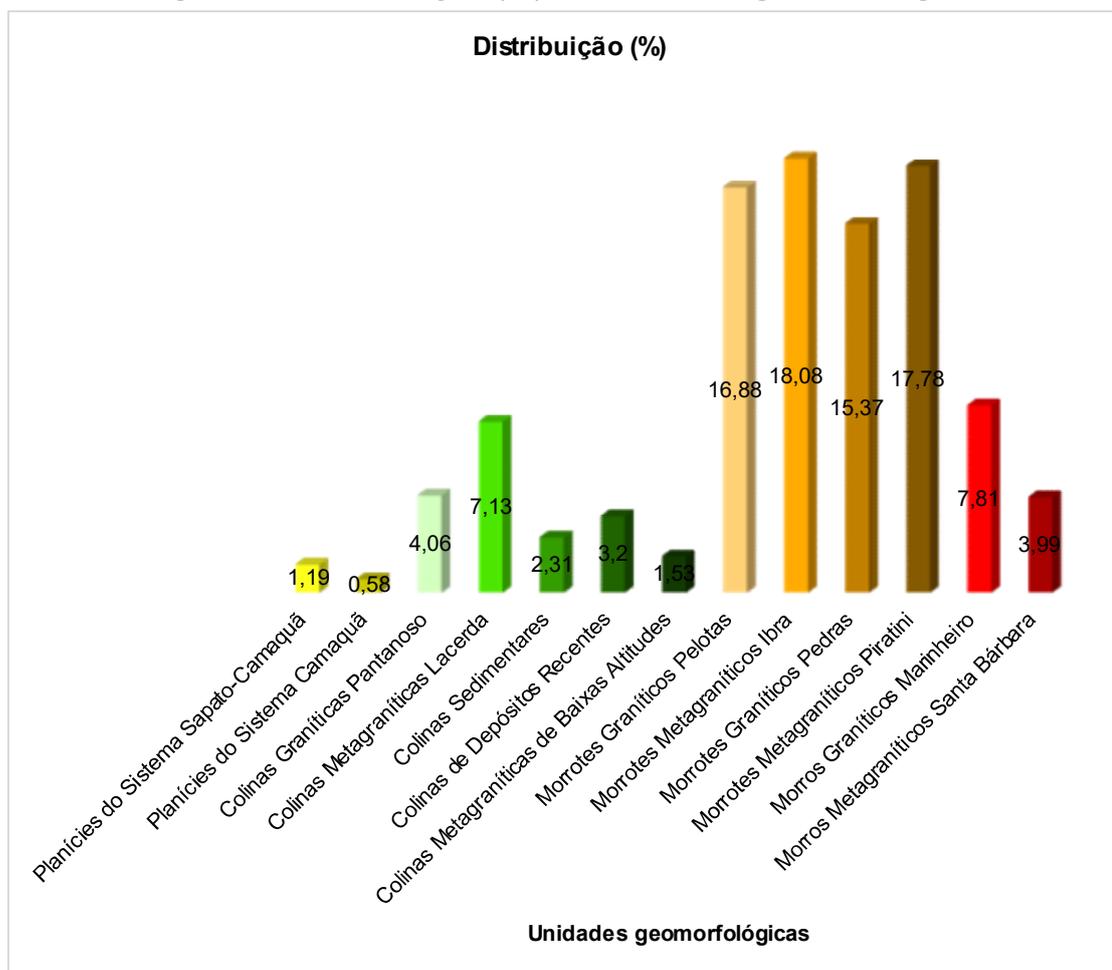
Ainda, com relação a esses processos morfodinâmicos, outra questão que contribui para esse fato é o aumento de áreas de lavouras a partir da derrubada da cobertura arbórea nativa. Isso é realizado, principalmente, pelos produtores médios, os quais usam diversos tipos de máquinas agrícolas para esse fim, desconfigurando áreas de nascentes e/ou cabeceiras de drenagem.

Essas questões destacadas anteriormente também se coadunam com fatos levantados por Pureza (2013) que, através de entrevistas com a comunidade do Rincão dos Rossales, no município de Canguçu, destaca as seguintes informações:

Alguns moradores mais antigos relatam que havia muitos banhados com grandes mananciais onde os animais se atolavam quando procuravam por água. Ora, estes mananciais não existem mais, são áreas de lavouras ou pastagens naturais nas margens dos córregos. Os córregos ou sangas atualmente enchem e transbordam somente no dia da chuva, mas um dia depois já estão com apenas um “risco de água”, relatam os moradores. Estes córregos são afluentes do arroio Santo Antônio que faz parte da bacia hidrográfica do rio Camaquã, principal rio da região. (PUREZA, 2013, p. 33)

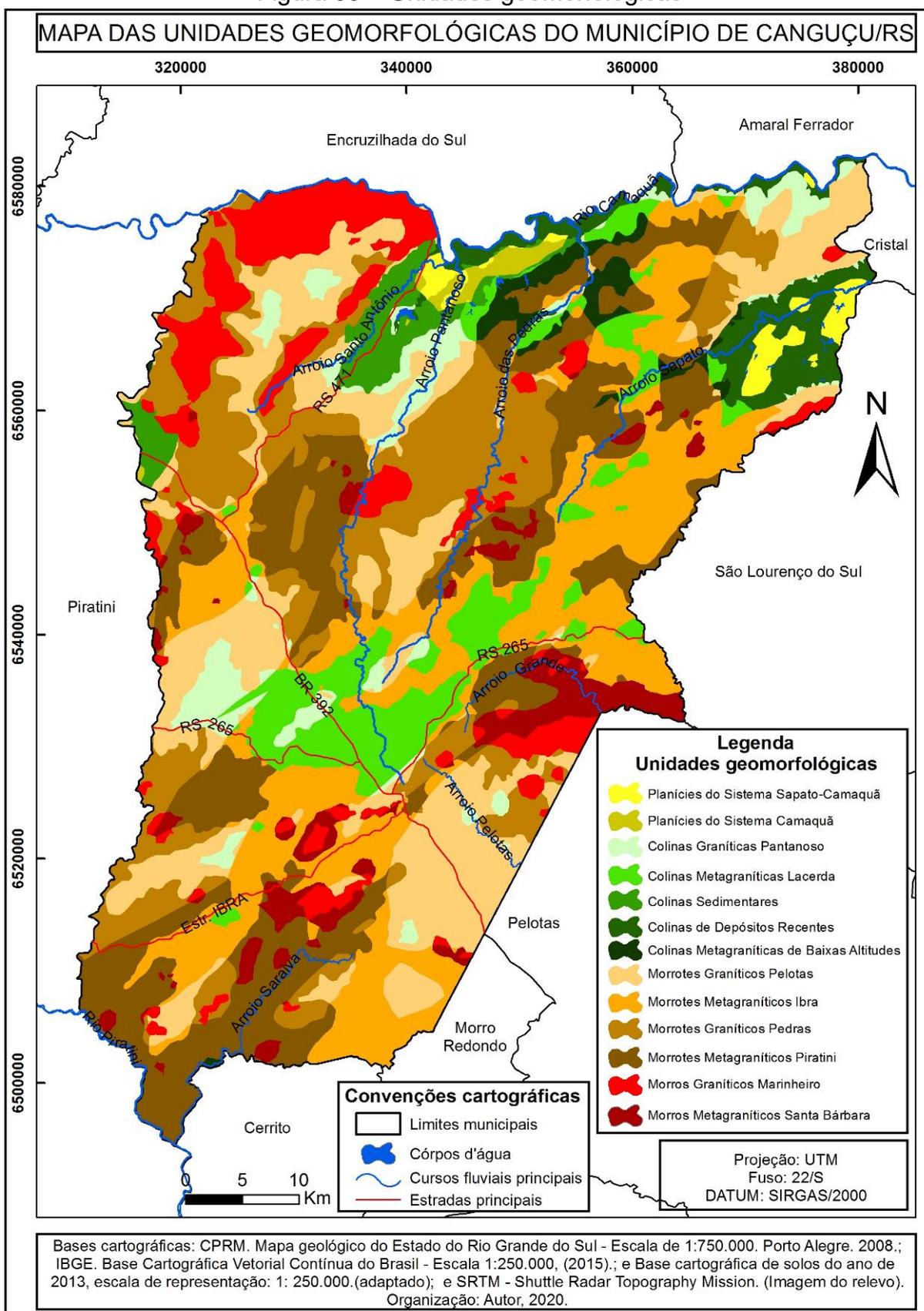
Portanto, conforme as informações levantadas pela autora anteriormente citada, percebe-se a influência da ocupação antrópica e o respectivo enfraquecimento das nascentes que dão vazão aos cursos fluviais. Na Figura 98, apresenta-se a distribuição e, na Figura 99, a espacialização das unidades geomorfológicas da área de estudo.

Figura 98 – Distribuição (%) das unidades geomorfológicas



Organização: O autor (2020).

Figura 99 – Unidades geomorfológicas



Organização: O autor (2020).

## CAPÍTULO 7 – USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA

Além da impreterível fundamentação teórica sobre os aspectos relacionados aos usos e coberturas da terra, não menos importante é o conhecimento formado sobre sua área, através de trabalhos *in loco*. Além disso, de importância equivalente as anteriores, se não maior, é a vivência e prática diante desse atributo. (O autor, 2020)

### 7.1 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO MUNICÍPIO DE CANGUÇU

#### 7.1.1 Caracterização histórica do município

Canguçu foi fundado em 1º de janeiro de 1800 como cidade, nomeada então Capela Curada Nossa Senhora da Conceição, sendo apenas em janeiro de 1857 fundado como município. A cidade surge basicamente diante de três fatores: questão de terras entre dois capitães-mores, necessidade militar estratégica e desejo dos moradores locais de possuírem assistência religiosa (BENTO, 2007).

Antes do aporte dos portugueses no município, havia os habitantes primitivos nessa região, denominados índios Tapes – toponímia das características do relevo regional. Consecutivamente, houve o aporte de imigrantes açorianos, alemães e italianos, além dos africanos, os quais foram trazidos como escravos nos primórdios da ocupação portuguesa (BENTO, 2007).

Em termos agroespaciais, num primeiro momento da povoação de Canguçu sobressai-se a pecuária extensiva, característica associada à vinda de colonizadores portugueses auxiliados pelos escravos africanos.

Nos primórdios de Canguçu vamos encontrar o açoriano — português, de lides campeiras, homem hospitaleiro e vinculado à pecuária, proprietário das maiores e melhores propriedades e senhor de praticamente todo o poder político e econômico. Ao seu lado, auxiliando-o nas lides campeiras e agrícolas, esta última de subsistência, encontramos o negro proveniente do continente africano, trazido ao Brasil como escravo. Elemento humano de natureza forte que muito auxiliou o português na agricultura, pecuária e, inclusive na própria segurança da região, destacando-se muitas vezes pela valentia nos campos de batalha [...]. (MOTA, 2000, p. 162)

A vinda dos imigrantes açorianos ao Rio Grande do Sul está associada à necessidade de ocupação do território em desfavor das pretensões espanholas na região. Nesse sentido, destaca-se De David (2005, p. 37):

Como as grandes estâncias de criação de gado não garantiam o povoamento efetivo do território, uma vez que exigiam pouca mão de obra, o governo português promoveu a vinda de imigrantes açorianos destinados a ocupar a região e desenvolver atividades diversificadas, entre as quais a produção agrícola e o artesanato.

As expectativas com a imigração portuguesa não se concretizaram, visto que a diversificação produtiva pouco ocorreu nesse período. Essa diversificação esperada tanto a nível estadual quanto municipal se deve, sobretudo, aos imigrantes italianos e alemães. Nessa perspectiva, novamente, é importante destacar De David (2005, p. 41), pois segundo esse autor:

Com a imigração europeia, sobretudo de alemães e italianos, nas primeiras décadas do século XIX, a economia do Rio Grande do Sul inicia um processo de diversificação produtiva. Além da pecuária extensiva, principal atividade até aquele momento, começa a desenvolver-se a agricultura familiar, praticada em pequenas propriedades com mão de obra familiar. O espaço de produção era partilhado entre a policultura e a pecuária leiteira, objetivando a subsistência familiar e, posteriormente, a geração de excedentes destinados ao mercado.

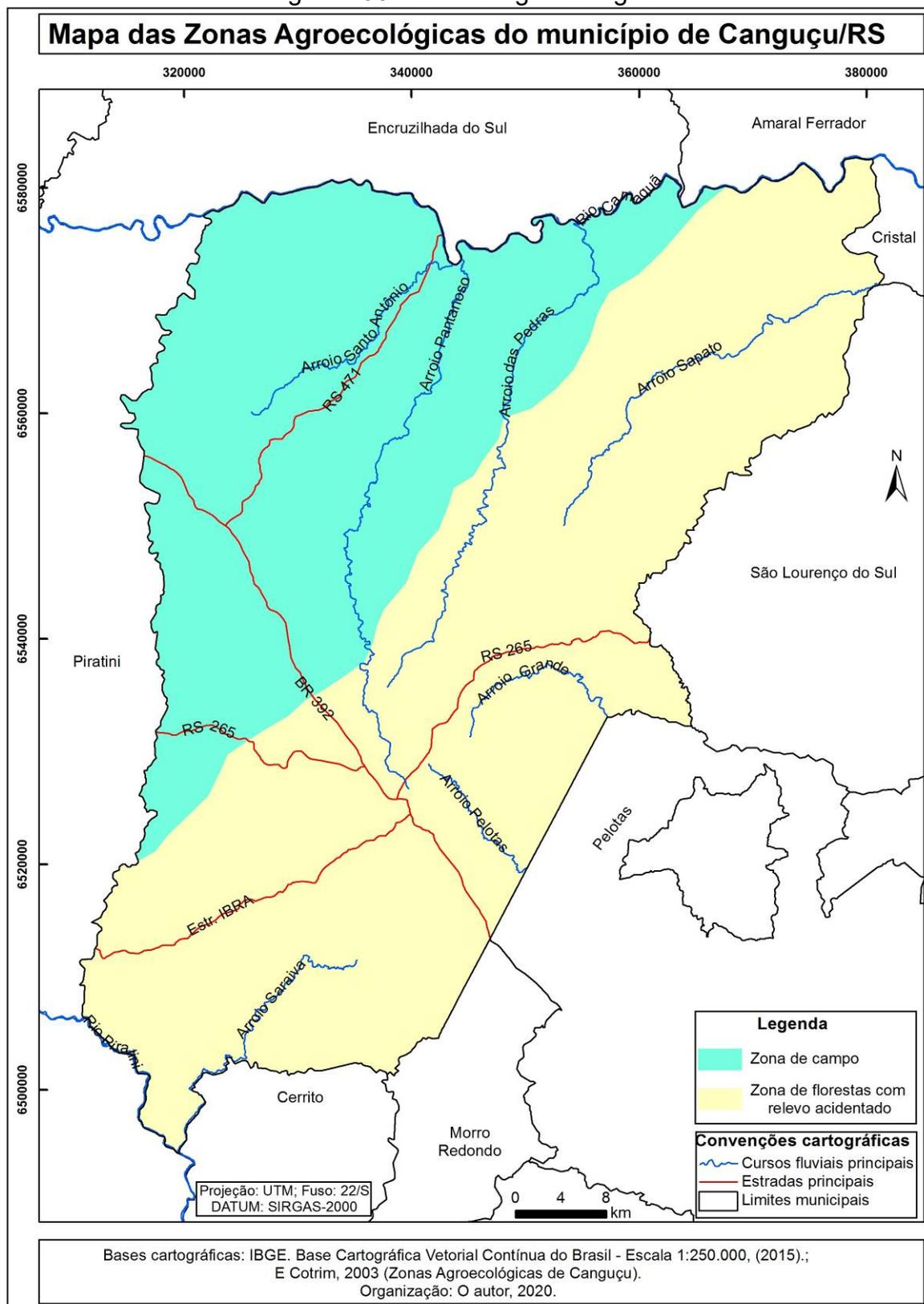
Segundo Viera (2012), o município de Canguçu foi integrado tardiamente ao processo de ocupação territorial brasileiro, mas ainda com características desiguais na distribuição do território. Historicamente, o autor também observa uma segregação espacial da povoação quando associa esse fato com as características de relevo, pois:

As áreas mais férteis e planas foram destinadas à pecuária extensiva (Colinas). Já nas áreas com declives acentuados foi permitida a ocupação por pequenos agricultores, que destinavam sua produção basicamente ao abastecimento do grupo familiar (Cristas). (VIERA, 2012, p. 28)

Observando tal contexto, a partir de observações agroecológicas, Cotrim (2003) observou no município de Canguçu duas zonas distintas: a “zona de campo” e a “zona de floresta” (Figura 100). A primeira espacializa-se no sentido norte e oeste do município e é caracterizada por grandes propriedades rurais – “estâncias” oriundas do regime de sesmarias e doadas a militares portugueses por volta do ano de 1756 –, de ocupação mais rápida. A segunda zona espacializa-se no sentido sudeste, de ocupação mais lenta e caracterizada pela diversificação produtiva. A zona de florestas foi ocupada pelos imigrantes açorianos por volta de 1756.

Posteriormente, por volta de 1850, foi povoada por imigrantes alemães e, por fim, foi povoada por imigrantes italianos, no ano de 1875 (COTRIM, 2003).

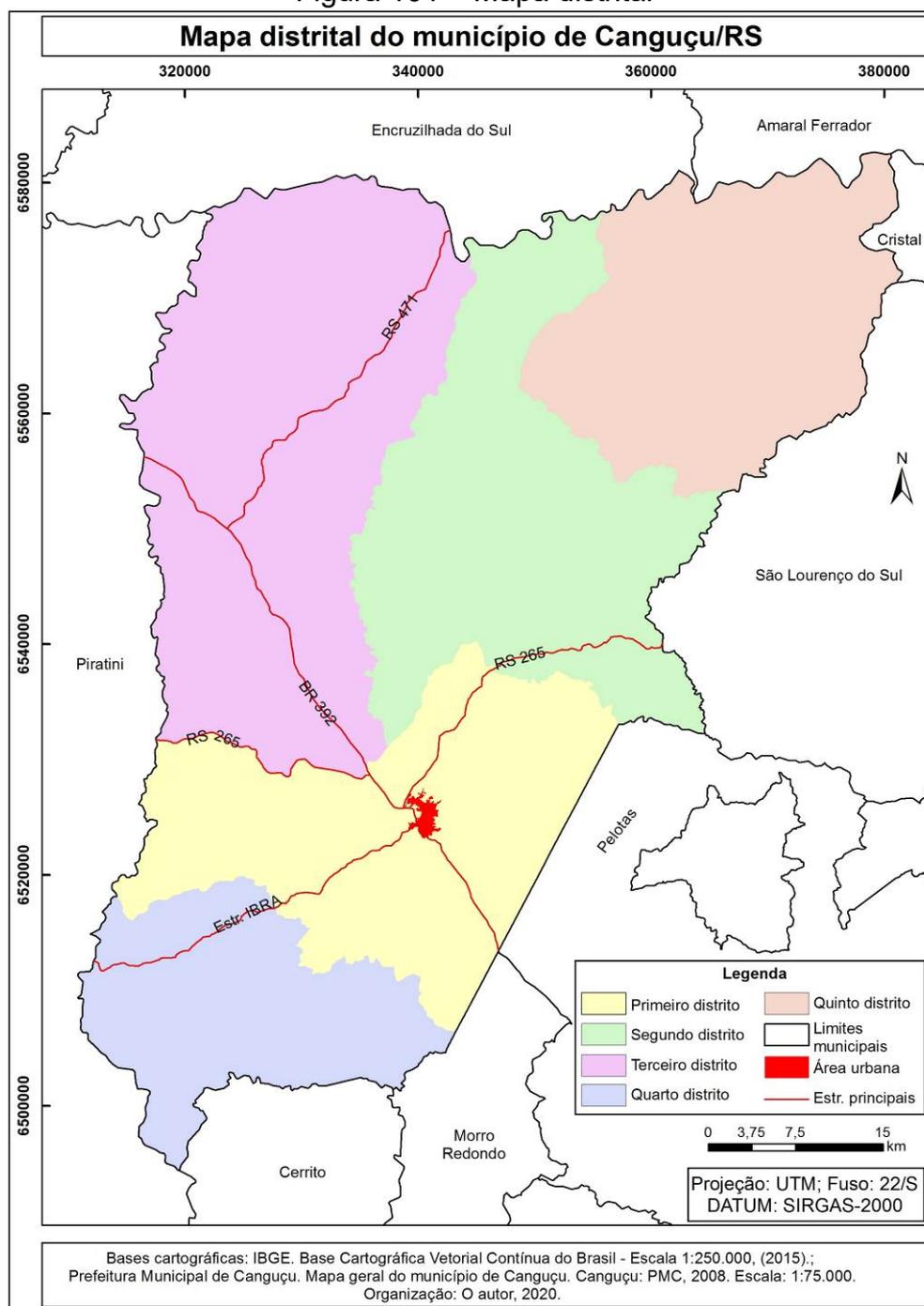
Figura 100 – Zonas Agroecológicas



Fonte: Adaptado de Cotrim (2003); Organização: O autor, 2020

De acordo com Viera (2012), citando EMATER Canguçu (2010), o município é formado por 5 distritos e 120 localidades. O primeiro distrito está localizado no Centro, incluindo a área urbana; o segundo distrito está localizado, sobretudo, ao sudeste; o terceiro distrito está ao noroeste; o quarto distrito está ao sul, e o quinto distrito está localizado ao nordeste (Figura 101).

Figura 101 – Mapa distrital



Organização: O autor (2020).

### 7.1.2 Características socioeconômicas

Primeiramente – e a partir de conhecimentos prévios, além de trabalhos *in loco* –, considera-se o município de Canguçu de uma grande complexidade socioeconômica, expressão também cunhada por Viera (2012). Essa complexidade advém de suas peculiaridades, uma vez que se observam localidades com níveis de desenvolvimento avançados, outras muito pobres economicamente, e também pela sua diversidade étnica. Além disso, existe um contraste fundiário observado por De David (2005) em que determinadas localidades apresentam densidade demográfica considerável e outras pouco povoadas. Com relação ao tamanho das propriedades, há notoriamente grandes propriedades e áreas com minifúndios, estes sendo predominantes.

Cotrin (2003) observou cinco diferentes sistemas agrários no município de Canguçu, diferenciados basicamente pela estrutura produtiva relacionada ao tamanho das propriedades. Nesses cinco sistemas agrários, todos tinham em comum a atividade pecuária. A exceção é o primeiro distrito, onde o autor observou relação predominante com a agricultura e pecuária pouco expressiva.

A partir de dados apresentados por Bandeira (2017), com base em informações disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Agricultura de Canguçu (2010), distinguem-se diversos estratos fundiários no município, conforme mostra a Tabela 20.

Tabela 20 – Realidade da estrutura fundiária

Extensão da propriedade (ha)	Nº de imóveis	Total da área do município (ha)
0 a 5ha	3231	7519,5
5,1 a 10ha	2872	22256,8
10,1 a 15ha	2013	25585,3
15,1 a 20ha	1405	24900,2
20,1 a 25ha	923	20843,8
25,1 a 50ha	1769	61058
50,1 a 100ha	557	38038,2
100,1 a 200ha	261	36580,8
200,1 a 500ha	133	38745,5
500,1 a 1000ha	37	25922,2
1000,1 a 1500ha	6	7543,5
1500,1 a 2000ha	2	3378,4
2000,1 a 2500ha	2	4674,6
<b>TOTAL</b>	<b>13.211</b>	<b>317.046,8</b>

Fonte: Secretaria Municipal de Agricultura de Canguçu (2010, *apud* BANDEIRA, 2017).

Provavelmente, com base nesses mesmos dados anteriormente apresentados, Viera (2012, p. 81, *grifo nosso*) escalonou quatro estratos fundiários nesse município, sendo eles:

**1º estrato:** 1 a 15 ha – módulo fiscal (minifúndio): aproximadamente 8.116 propriedades; **2º estrato:** 16 a 50 ha – pequenas propriedades: 4.097 propriedades; **3º estrato:** de 51 a 240 ha – médias propriedades: em torno de 818 propriedades; **4º estrato:** acima de 240 ha – grandes propriedades: aproximadamente 180 propriedades.

A partir dos dados apresentados, é possível precisar que o estrato fundiário predominante em Canguçu, mais de 61%, representa a agricultura familiar, e pouco mais de 1% das propriedades representam grandes extensões de terra.

Analisando as características econômico-fundiárias de Canguçu, Viera (2012) observa que o primeiro, o segundo e o quarto distrito têm sistemas de cultivo diversificados, voltados à subsistência das famílias. O terceiro e o quinto distrito são caracterizados, predominantemente, por grandes propriedades, principalmente com a pecuária de corte.

Ainda assim, ultimamente observa-se que o quarto distrito de Canguçu apresenta-se em estágio de transição entre as grandes propriedades e a agricultura familiar. Provavelmente, isso tem ocorrido em virtude do abandono do campo pelos jovens – aspecto também observado por Bandeira (2017) – e por esse distrito se encontrar mais distante da sede do município.

Em sua tese de doutorado, Dutra (2015) apresenta uma caracterização importante sobre cada distrito de Canguçu (Figura 102). Conforme esse autor, o primeiro e o segundo distrito se afirmam como polos da agricultura familiar e os demais distritos, principalmente o terceiro e o quinto, são caracterizados pelas atividades pecuárias.

Figura 102 – Características gerais dos distritos

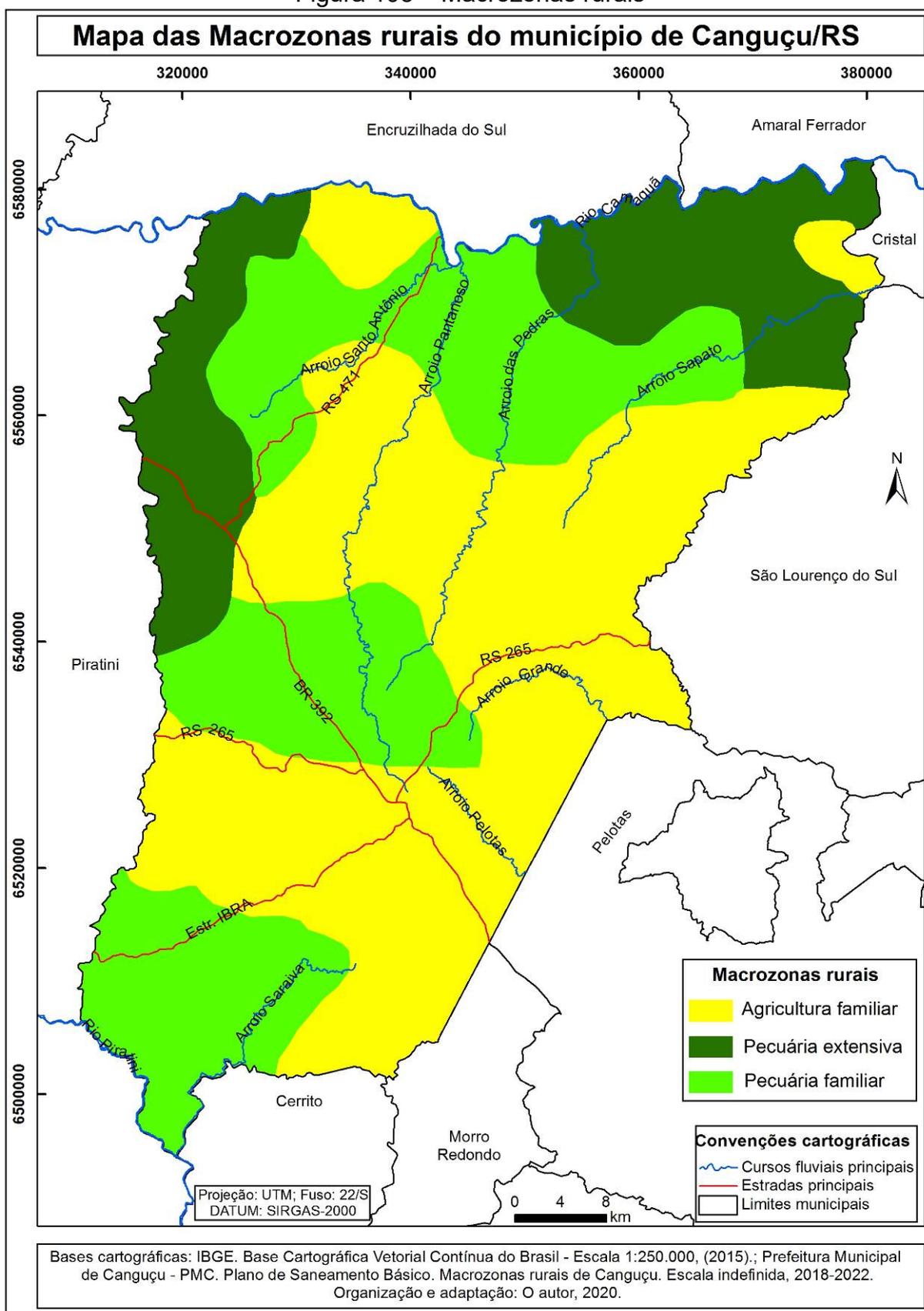
DISTRITO	CARACTERÍSTICAS
Primeiro	“[...] predominam as unidades familiares de produção.” (DUTRA, 2015, p. 39)
Segundo	“[...] possui notável colonização pomerana, e um dos destaques é a presença das unidades familiares de produção com especialização em cultivo do fumo e importante produção leiteira, na chamada encosta da Serra do Sudeste. É perceptível nesse distrito a diversidade de produção, fumo, leite, soja e milho onde se identificam as características da agricultura familiar.” (DUTRA, 2015, p. 41)
Terceiro	“A regra geral é a existência de estâncias de gado bovino, com baixo investimento em tecnologia.” (DUTRA, 2015, p. 42) “Ponto marcante nesse distrito é a constatação dos efeitos intensos do êxodo rural [...]. São diversas casas abandonadas mostrando um cenário onde muitas pessoas migraram pela falta de oportunidades. Nesse distrito, nas proximidades com o rio Camaquã, as tradicionais áreas destinadas à pecuária foram absorvidas pelo florestamento de pinus e pela plantação de soja. Aqui, claramente, a pecuária dá espaço para atividades que teoricamente geram maior aporte de capital. Porém, essas atividades são desenvolvidas por empresas de grande porte, fundamentalmente com o pinus.” (DUTRA, 2015, p. 42)
Quarto	“É o distrito em que houve a maior migração campo/cidade nos últimos 40 anos, com visualização de elevado número de taperas. Também se percebe a existência de atividades econômicas pouco dinâmicas, estruturadas no binômio soja-gado, sendo que as criações existentes possuem baixo emprego de técnicas produtivas, caracterizadas pelo escasso aprimoramento genético.” (DUTRA, 2015, p. 44) “[...] em localidades como (Passo da Maria Antônia, Coxilha das Flores, Rincão dos Marques, entre outras) próximas às divisas dos municípios de Piratini e Cerrito, houve intensa migração de jovens do meio rural para o urbano. A pecuária do quarto distrito foi perdendo espaço, inclusive outros cultivos agrícolas como as oliveiras estão ganhando importância, com finalidade exclusivamente comercial e operada por empresas de médio e grande porte.” (DUTRA, 2015, p. 45)
Quinto	“[...] historicamente predominam propriedades extensivas dedicadas à pecuária e nos últimos anos ao florestamento.” (DUTRA, 2015, p. 38) [Mas também acrescenta] “O que se percebe no distrito é o predomínio das propriedades usadas para a produção de gado bovino, mas nos últimos 10 anos ocorre o avanço de cultivo de soja.” (DUTRA, 2015, p. 45)

Fonte: Adaptado de Dutra (2015); Organização: O autor 2020

Na Figura 103, tem-se o macrozoneamento rural de Canguçu realizado pela Prefeitura Municipal para o quadriênio 2018–2022. Nesse zoneamento são definidas três zonas: agricultura familiar, pecuária familiar e pecuária extensiva.

A zona de pecuária extensiva, menos representativa em área, caracteriza o norte e o noroeste de Canguçu. A zona de pecuária familiar caracteriza o norte, centro e sul da área de estudo e a zona de agricultura familiar dissemina-se em todas as direções geográficas, inclusive sendo a zona predominante.

Figura 103 – Macrozonas rurais



Fonte: Adaptado de PMC (2018); Organização: O autor 2020

O fato de Canguçu ser conhecido como o maior minifúndio brasileiro ou, de acordo com Bandeira (2017), como a capital nacional da agricultura familiar, tem relações com as sucessões hereditárias que foram ocorrendo no município, as quais também estão relacionadas ao grande número de filhos por casais. Nesse sentido, destaca-se Grigoletti (2000, p. 55), pois, segundo esse autor, “as antigas colônias, fracionadas pelos inventários das sucessões hereditárias, transformou Canguçu no município brasileiro com maior número de minifúndios rurais”. Para esse fato observado, colaboram as características do Sindicato dos Trabalhadores Rurais local, o maior da América Latina (SINDICADO DE TRABALHADORES RURAIS, 2000). Segundo De David (2005), esse Sindicato reunia em seus quadros 11.164 associados.

Esses fatos elencados têm uma variante em comum, pois, segundo Grigoletti (2000, p. 53), o vigor que houve e ainda ocorre no cenário agrícola de Canguçu se deve sobretudo aos imigrantes alemães. Segundo essa fonte,

[...] com a chegada dos imigrantes alemães, surgiram as colônias. As matas nativas e os campos deram lugar às roças para o desenvolvimento da agricultura de subsistência. Surgiram as lavouras de trigo que, nos moinhos, era transformado em farinha que garantia o pão de cada dia; lavouras de milho que alimentavam a criação doméstica que fornecia a carne, o leite, os ovos e a gordura necessária; lavouras de batata-inglesa, batata-doce, feijão e verduras que compunham a dieta alimentar das famílias.

Nesse mesmo sentido quanto à exaltação e à importância dos imigrantes, especialmente dos alemães, Mota (2000) observa que esses imigrantes, de uma forma ou de outra, alteraram profundamente a paisagem do município de Canguçu. Segundo esse autor:

Quer na culinária, com o chucrute ou na apfelstrudel, ou ainda no “prost”, ao degustar uma cerveja gelada. Na religião, em festa, costume, música ou ainda no próprio vocabulário. Canguçu e o próprio Rio Grande do Sul jamais foram como antes. Podemos então dizer que podemos dividir a história neste campo em dois períodos, antes e depois da vinda dos imigrantes, no caso em tela, antes ou depois da vinda dos imigrantes alemães. (MOTA, 2000, p. 164-165)

Conforme observado, foi importante a influência dos alemães na intensificação da diversificação produtiva no município. Inclusive, na passagem do final do século XX para o início do século XXI, intensifica-se a produção de fumo (VIERA, 2012).

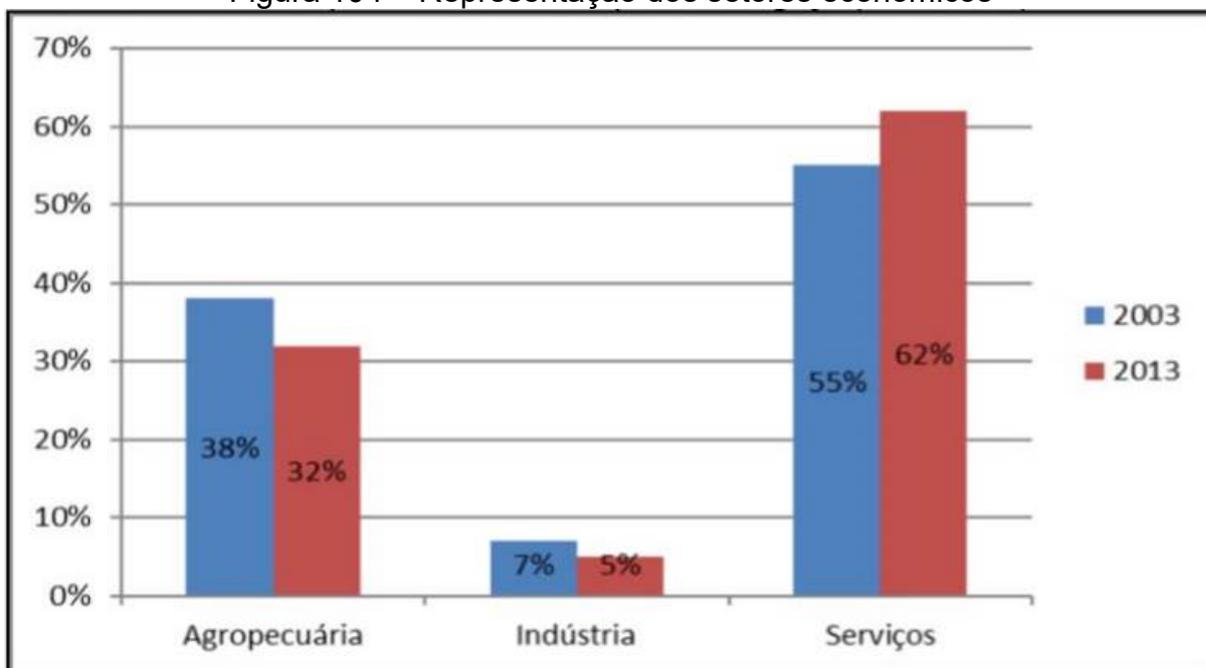
Nesse sentido, e conforme observado por Cotrim (2003), na primeira década do século XXI era observado o avanço do cultivo de fumo em Canguçu, demonstrando ser bastante lucrativo aos agricultores. Conforme esse autor:

Presentemente, diversos agricultores estão passando a introduzir o cultivo do fumo em seus sistemas de produção, sendo este cultivo o que mais cresce em área no município. Mesmo se dedicando ao cultivo de fumo, este tipo de agricultor também desenvolve um sistema de produção diversificado, cultivando milho, feijão e, às vezes a criação de gado de leite, porcos e aves (COTRIM, 2003, p. 73)

Todas essas caracterizações apontam e dimensionam para a importância do setor primário na economia canguçuense. Segundo Bandeira (2017), a atividade agrícola pujante é o principal fator que alavanca o setor terciário desse município.

De acordo com a Figura 104, no ano de 2013 o setor agropecuário representava 32% da economia, o setor de serviços, 62% e a indústria, apenas 5% da economia de Canguçu, realidade que provavelmente pouco mudou nesses últimos anos.

Figura 104 – Representação dos setores econômicos



Fonte: SEBRAE e FEE (*apud* BANDEIRA, 2017).

Retornando à discussão sobre as características agropecuárias, especialmente com relação ao fenômeno da soja em Canguçu, Bandeira (2017) observou que apesar de a produção de fumo ainda ser expressiva no município,

inclusive como o principal gerador de renda, o cultivo de soja está avançando, sendo ele o reflexo de algumas mudanças sociodemográficas, como a migração dos jovens do campo para a cidade.

Oficialmente, a partir dos dados do censo agropecuário do IBGE (2017), a área dos estabelecimentos agropecuários era de 277.172 hectares. Segundo esse censo, tem-se a seguinte relação dos usos e coberturas da terra da área de estudo (Tabela 21):

**Tabela 21 – Relação dos usos e coberturas com respectivas áreas (ha)**

<b>Tipo de uso</b>	<b>Área hectares (ha)</b>
Lavouras (permanentes e temporárias)	91.013
Pastagens (naturais e plantadas)	100.084
Matas naturais	69.743
Sistemas agroflorestais	4.464

Fonte: Dados extraídos de IBGE (2020); Organização: O autor 2020

Conforme pode ser observado na tabela acima, há o predomínio de pastagens naturais ou plantadas, seguido pelas áreas de lavouras, matas naturais e, com área menos representativa, os sistemas agroflorestais.

Com base no mesmo censo citado anteriormente, de 2017, em relação aos usos com lavouras temporárias, tem-se o milho (grão) com o envolvimento de mais de seis mil estabelecimentos agropecuários em Canguçu, apesar de a soja representar o maior volume em toneladas. O fumo, que é o produto com maior importância econômica para as famílias, está presente em quase três mil estabelecimentos. A relação desses usos é representada na Tabela 22.

**Tabela 22 – Dados sobre lavouras temporárias**  
**Censo agropecuário do IBGE (2017) – Lavouras temporárias**

<b>Uso</b>	<b>Número de estabelecimentos</b>	<b>Toneladas</b>
Abacaxi	22	1.000 frutos
Abóbora, moranga, jerimum	861	387
Alho	180	265
Amendoim (com casca)	381	57
Arroz (com casca)	22	6.076
Aveia branca (grão)	16	297
Batata-inglesa	2.080	1.003
Cana-de-açúcar	7	10
Cana-de-açúcar (forrageira)	14	46
Cebola	464	1.014
Cevada (com casca)	3	391
Ervilha (grão)	45	4

Uso	Número de estabelecimentos	Toneladas
Fava (grão)	8	-
Feijão (grão)	3.821	1.171
Fumo (folha seca)	2.939	22.208
Mandioca (aipim, macaxeira)	350	185
Melancia	254	273
Melão	151	14
Milho (grão)	6.081	50.668
Milho (forrageiro)	277	40.444
Soja (grão)	1.033	108.971
Sorgo (forrageiro)	2	-
Tomate rasteiro	2	-
Trigo (grão)	4	586

Fonte: Dados extraídos de IBGE (2020); Organização: O autor 2020

Com base no mesmo censo agropecuário do IBGE 2017, o uso relativo a lavouras permanentes que mais se destaca em ocupação territorial é o pêssego, com 939 hectares e 221 estabelecimentos envolvidos, seguido pelas oliveiras, com 345 hectares. Demais usos com lavouras permanentes são pouco expressivos em área, conforme apresentado a seguir (Tabela 23).

Tabela 23 – Dados sobre lavouras permanentes  
Censo agropecuário do IBGE (2017) – Lavouras permanentes

Uso	Número de estabelecimentos	Hectares
Ameixa	6	2
Amora	2	-
Azeitona (oliveira)	3	345
Banana	2	-
Caqui	1	-
Figo	27	16
Goiaba	1	-
Laranja	54	39
Limão	1	-
Maçã	1	-
Noz (europeia, pecã)	4	198
Pêssego	221	939
Tangerina, bergamota, mexerica	6	2
Uva (mesa)	5	3
Vinho ou suco	22	17

Fonte: Dados extraídos de IBGE (2020); Organização: O autor, 2020

Por último, e ainda com base nos dados do censo agropecuário do IBGE 2017, no que se refere a dados pecuários, observa-se maior número de estabelecimentos com criação de bovinos e galináceos. O número de cabeças de

bovinos supera 120.000, fator importante na geração de renda. A relação completa desses dados pecuários tem-se na Tabela 24.

Tabela 24 – Dados sobre a pecuária  
Censo agropecuário do IBGE (2017) – Pecuária

Espécie	Número de estabelecimentos	Cabeças
Asininos	4	7
Avestruzes	1	-
Bovinos	6.362	120.293
Bubalinos	5	132
Caprinos	325	2.832
Codornas	81	404
Equinos	3.717	7.331
Galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos)	6.616	247.000
Muare	21	40
Ovinos	1.154	31.222
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	1.742	30.312
Perus	177	1.191
Suínos	4.636	32.061

Fonte: Dados extraídos de IBGE (2020); Organização: O autor 2020

Todas essas características de usos da terra suscitam hipóteses acerca da realidade socioambiental da área de estudo. Nesse sentido, é importante destacar a relação que se estabeleceu entre fumiicultura *versus* cobertura arbórea nativa. No imaginário local, costumava-se relacionar esse cultivo com a devastação dessa vegetação, fato também observado por Grigoletti (2000). No entanto, esse processo não se consumou, visto que houve o incentivo das próprias fumageiras ao plantio de florestas silvícolas, como eucalipto e acácia.

Nessa perspectiva, pode-se destacar Ehlert (2010, p. 37), pois em Canguçu tem havido “diminuição da exploração das matas nativas e aumento significativo de uso dos produtos oriundos de florestas plantadas”. Nesse mesmo sentido também se destaca Viera (2012, p. 106), dado que esse autor também observou que:

o fato de estar aumentando a área cultivada com silvicultura na área de estudo, entende-se que há uma menor pressão sobre os remanescentes florestais nativos existentes em Canguçu.

De acordo com Ehlert (2010), somente com o programa Poupansa Florestal, em Canguçu, havia um total de 25 silvicultores que, juntos, cultivavam mais de 752

hectares. Ainda conforme o mesmo autor, duas empresas particulares, também somadas, cultivavam aproximadamente seis mil hectares de silvicultura.

Reflexo de parte desse processo, hoje o desmatamento da cobertura arbórea nativa para servir na cura do fumo não constitui um problema, visto que a maioria dos fumicultores tem suas próprias florestas cultivadas e quando não dispõem delas, compram essa matéria-prima. Também contribui para isso o fato de as próprias fumageiras não aceitarem fumo que tenha tido no seu processo de beneficiamento (cura ou secagem) uso de madeira nativa.

Um outro fenômeno que outrora também preocupava pelo desmatamento irregular eram as carvoarias. Ultimamente esse fator tem diminuído drasticamente, pois o mercado exige procedência, o que deixa os carvoeiros que usam lenha nativa à margem, e por consequência abandonam suas atividades, fato ambientalmente positivo.

Em âmbito geral, considera-se que os agricultores familiares, que dispunham de pouca tecnologia para o cultivo da terra e ocupando as terras com as maiores declividades, contribuíram muito para a erosão dos solos. Mais recentemente, com a inserção de novas tecnologias nesse modelo produtivo, está havendo menos impactos ambientais dessa natureza.

Portanto, o fator que mais ameaça as matas nativas, e principalmente áreas de nascentes e matas ciliares, é a expansão de lavouras de soja, quando os sojicultores, tencionando aumentar suas áreas de produção, não respeitam as áreas de preservação permanentes.

### **7.1.3 Aspectos demográficos**

Segundo o IBGE (2010), Canguçu tinha população total de 53.259 habitantes e população estimada de 56.045 habitantes. O município possui população residente rural de 33.565 habitantes e população urbana de 19.694 habitantes, portanto mais de 63% de sua população vive no campo, característica singular no contexto brasileiro.

Segundo o último censo agropecuário do IBGE (2017), Canguçu tem um total de 8.075 estabelecimentos agropecuários e, com base em informações da Prefeitura Municipal de Canguçu (PMC, 2008), estão distribuídos de forma heterogênea na área de estudo.

De acordo com dados obtidos da PMC (2008), a espacialização da ocupação por Moradias e/ou Núcleos Habitacionais (MNH) da área de estudo é diferenciada conforme cada um dos distritos. As maiores densidades ocorrem no primeiro e segundo distritos. Em contrapartida, as menores densidades ocupacionais estão no terceiro e, principalmente, no quinto distrito.

Comprovando as observações feitas no item anterior, o quarto distrito tem densidade ocupacional caracteristicamente de transição, ou seja, o nível de ocupação é intermediário em relação aos demais distritos canguçuenses. Provavelmente, as causas e consequências desse fato, e de acordo com Bandeira (2017) e Dutra (2015), estão na existência de muitas taperas (residências abandonadas) no distrito em questão.

Estatisticamente, o distrito canguçuense com maior densidade ocupacional por MNH é o primeiro distrito, com 3,10 mnh/km<sup>2</sup>, e o com a menor taxa é o quinto distrito, com 1,04 mnh/km<sup>2</sup>. Os demais distritos têm as seguintes densidades ocupacionais: segundo distrito: 2,94 mnh/km<sup>2</sup>; quarto distrito: 2,23 mnh/km<sup>2</sup>; e o terceiro distrito: 1,21 mnh/km<sup>2</sup> (PMC, 2008).

Na Tabela 25, é apresentada uma relação completa acerca desses fatos estatísticos, a relação dos distritos e os respectivos números de MNH, área (km<sup>2</sup>) e a respectiva densidade ocupacional (km<sup>2</sup>).

Tabela 25 – Relação entre distritos e densidades ocupacionais por MNH

<b>Distritos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Moradias e/ou Núcleos Habitacionais (MNH)</b>	<b>Densidade ocupacional (km<sup>2</sup>)</b>
Primeiro	698,41	2.169	3,10
Segundo	756,32	2.224	2,94
Terceiro	1.016,47	1.230	1,21
Quarto	422,08	941	2,23
Quinto	631,42	659	1,04

Fonte: Dados extraídos de PMC (2008); Organização: O autor 2020

A ocupação da área de estudo também foi analisada de acordo com os dados de população absoluta distrital, destacando que a densidade demográfica média de Canguçu é 15,11 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Nesse viés, destaca-se o primeiro distrito, com população absoluta e densidade demográfica maiores que a média – fato relacionado à presença da população urbana de Canguçu –, e o quinto distrito, com menor população absoluta e menor densidade demográfica (Tabela 26).

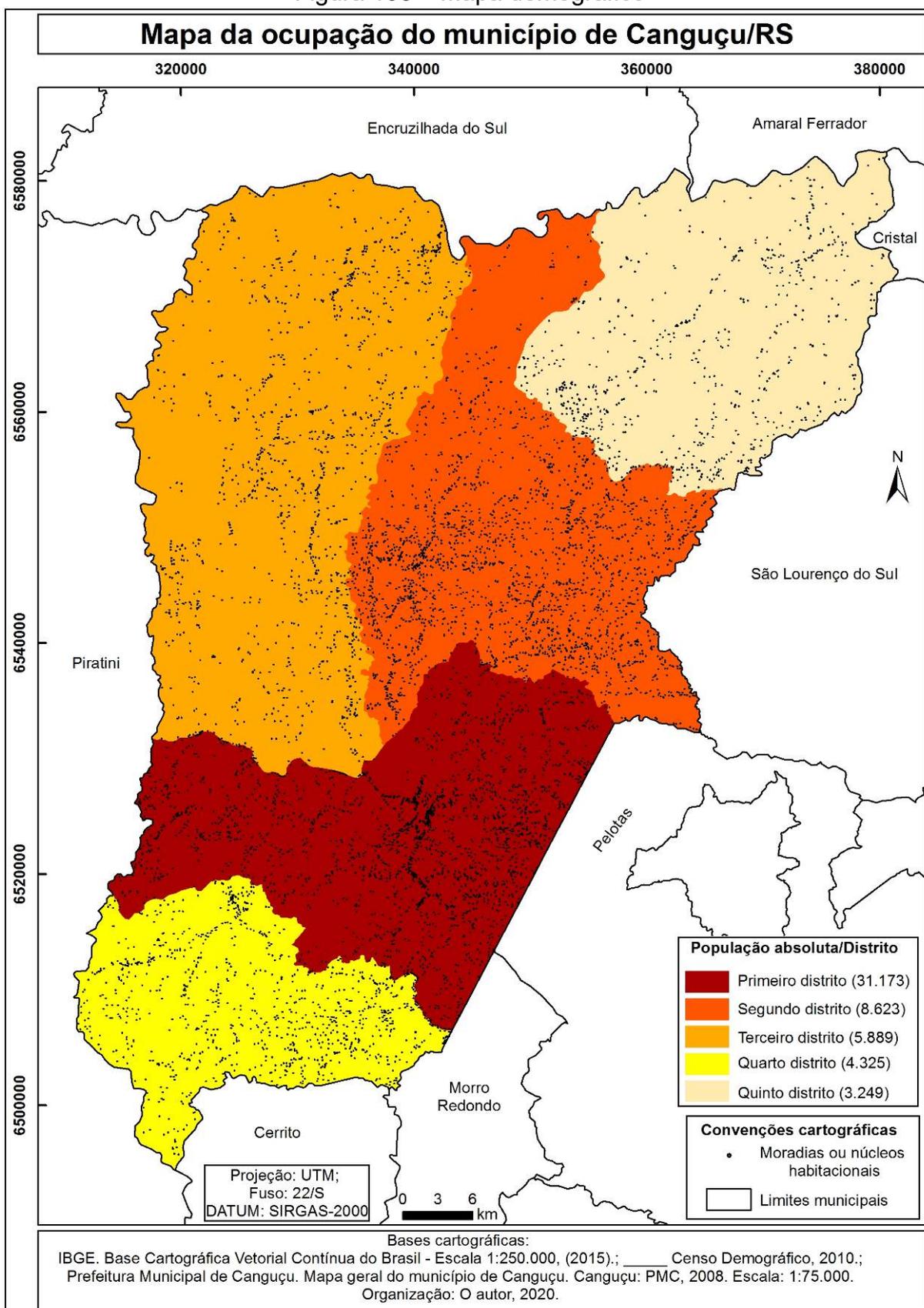
Tabela 26 – Densidade demográfica distrital

<b>Distrito</b>	<b>População absoluta</b>	<b>Densidade demográfica hab./km<sup>2</sup></b>
Primeiro	31.173	44,63
Segundo	8.623	11,40
Terceiro	5.889	5,79
Quarto	4.325	10,25
Quinto	3.249	5,14

Fonte: Dados extraídos de IBGE (2010); Organização: O autor, 2020

Na Figura 105, tem-se a espacialização da ocupação da área de estudo. Nessa figura é possível observar, principalmente no Terceiro e Quinto distrito, vazios ocupacionais e, em contrapartida, áreas densamente povoadas no Primeiro e Segundo distrito.

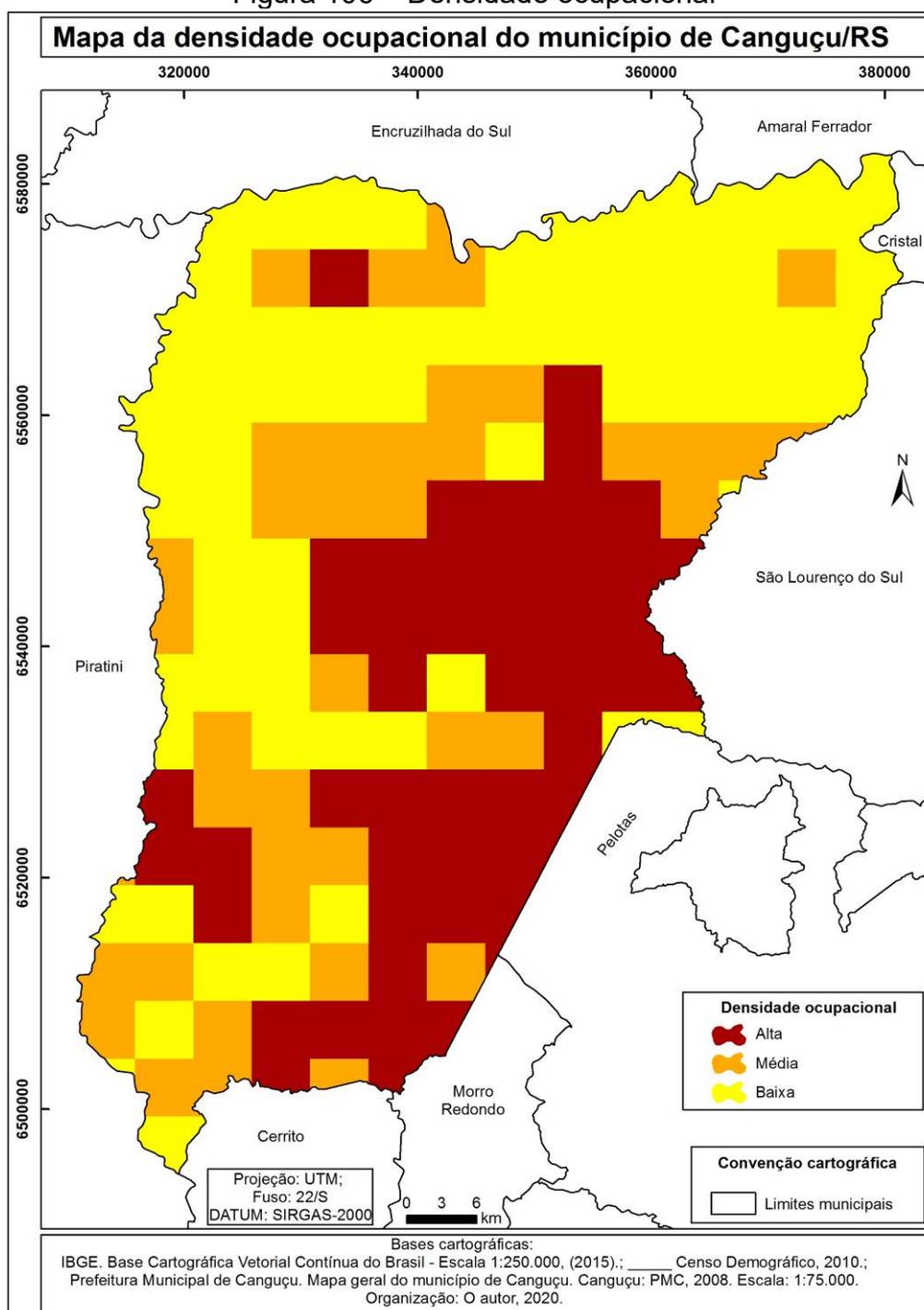
Figura 105 – Mapa demográfico



Fonte: PMC (2008); Organização: O autor, 2020

Também se analisou a densidade ocupacional da área de estudo destacando-se o predomínio de áreas com baixa densidade ocupacional, totalizando 1.538,53 km<sup>2</sup>, localizada ao oeste e norte-nordeste municipal, seguidas pelas áreas de alta densidade ocupacional, 1.102 km<sup>2</sup>, estando localizadas ao sudeste e leste do município, e as áreas com média densidade ocupacional, totalizando 878,24 km<sup>2</sup> e disseminadas por todas as regiões (Figura 106).

Figura 106 – Densidade ocupacional



Organização: O autor (2020).

Outro fator que também singulariza a área de estudo é sua realidade quanto ao número de assentamentos rurais da Reforma Agrária. De acordo com dados do INCRA, atualizados em 31/12/2017, existiam no Rio Grande do Sul 345 assentamentos, congregando 12.413 famílias. Em Canguçu, conforme essa mesma fonte, são 16 assentamentos com cerca de 400 famílias assentadas (Tabela 27), o que representam, respectivamente, quase 5% e mais de 3% dos assentamentos e das famílias assentadas do Rio Grande do Sul. Segundo De David (2005), os assentamentos em Canguçu tinham população residente de aproximadamente 1.300 pessoas.

Tabela 27 – Características dos assentamentos rurais

<b>Nome</b>	<b>Famílias assentadas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Data de criação</b>
Salso	19	517	14/10/1997
União	60	1809.6242	23/11/1998
Arroio das Pedras	43	1.286	23/11/1998
Pitangueiras	21	539	17/07/2001
Quikuio	8	293,2	17/07/2001
Palmeira/Perseverantes na Luta	20	514.7512	27/02/2002
Boa Fé	4	101	02/12/1999
Colônia São Pedro	7	140,85	02/12/1999
Nova Conquista	13	638,08	02/12/1999
Nova Sociedade II	8	168,64	13/12/1999
Nova Esperança	9	235	02/12/1999
Doze de Julho	23	815,01	19/06/1998
Renascer	80	2.487,87	09/10/2000
Herdeiros da Luta	56	1568.8328	17/07/2001
Guajuviras II/Novo Amanhecer	18	634	12/11/2001
Da Costa/Mãe Terra	9	303	12/11/2001

Fonte: Dados extraídos de INCRA (2020); Organização: O autor, 2020

Diante desses dados apresentados, considera-se a área de estudo um importante polo de assentamentos rurais, fato que, segundo De David (2005) e Viera (2012), se dá em virtude do baixo valor comercial das terras desse município e, ao mesmo tempo, da importância de agregar valor a esse lugar. Nesse entendimento, conforme o último autor destacado,

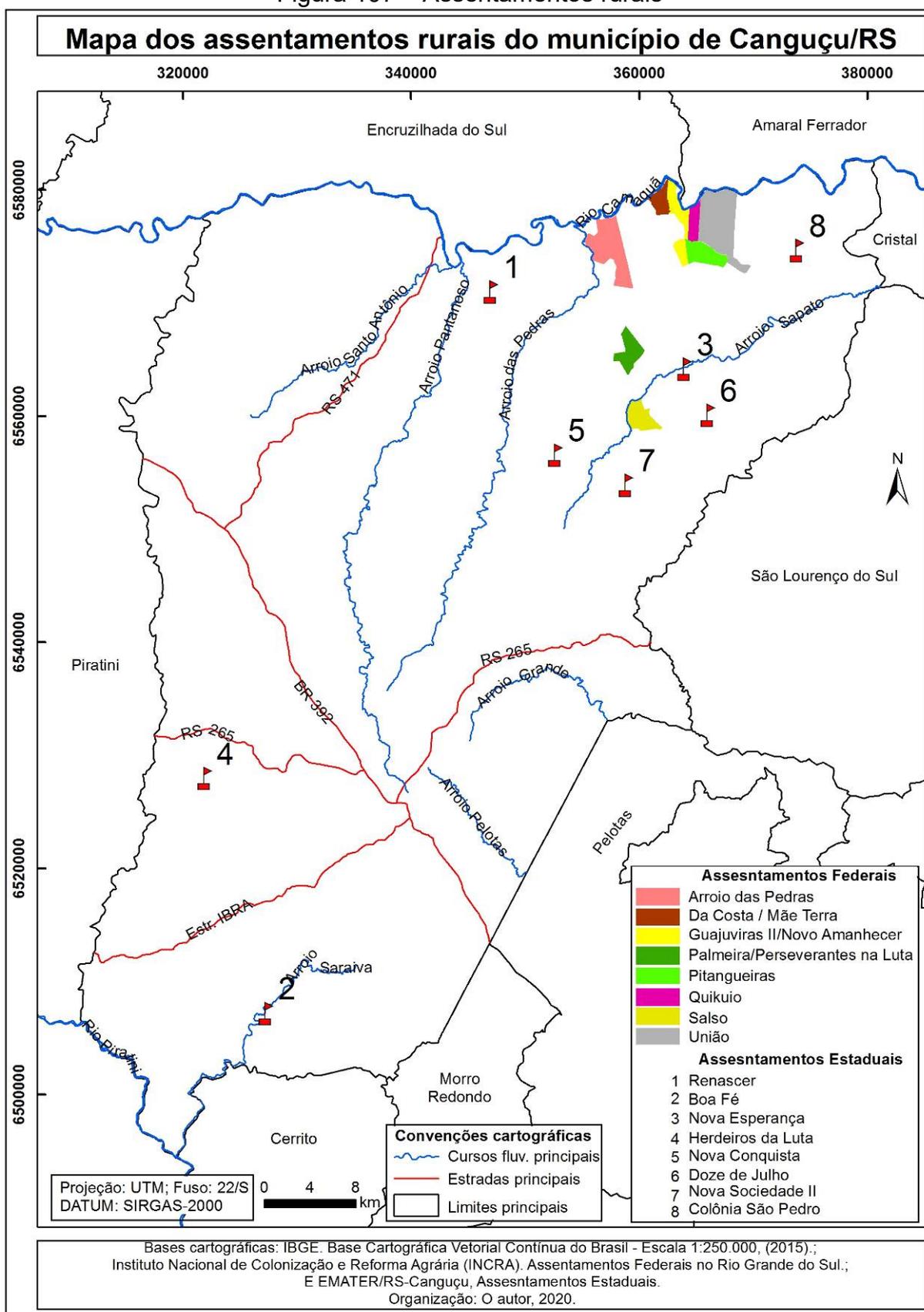
Devido às características restritivas do meio, ao seu nível de desenvolvimento socioeconômico e ao fato de suas terras possuírem baixo valor comercial, o município de Canguçu tem sido alvo, nas últimas décadas, de políticas oficiais de implantação de assentamentos rurais. Isso se dá, sobretudo, como forma de promover uma política de distribuição dos agricultores sem-terra, o desenvolvimento e a valorização do meio rural e de contribuir na busca de ações que possam aliviar as tensões sociais regionais. (VIERA, 2012, p. 143)

Por meio de pesquisa de tese de doutorado, De David (2005) observou que os assentados de Canguçu desenvolvem atividades equivalentes às dos demais agricultores familiares desse município. Ainda segundo esse autor, apesar das precariedades que ainda caracterizam os assentamentos canguçuenses, seus participantes conseguem uma vida minimamente digna. Conforme as considerações do autor referenciado,

Os assentados de Canguçu desenvolvem a agricultura familiar em lotes individuais em que se destacam a pecuária leiteira, as lavouras de milho e feijão e produtos de subsistência. A introdução de lavouras comerciais, como a fumicultura, tem gerado problemas de subordinação semelhantes aos dos agricultores familiares não assentados. O assentamento rural possibilitou aos agricultores familiares que neles vivem um espaço de produção de alimentos para o autoconsumo e comercialização, gerando trabalho e renda. As atividades desenvolvidas têm possibilitado condições de moradia e de vida digna, o que não significa que todas as carências venham sendo supridas; pelo contrário, o quadro de pobreza ainda persiste, e muitas necessidades ainda não foram atendidas, sobretudo as relacionadas à saúde, transporte e educação, que merecem investimentos do setor público. Mesmo assim, os assentamentos constituem lugares sociais onde as famílias criam seus filhos e relacionam-se entre si, mantendo laços de amizade e vizinhança, buscam alternativas para os problemas comuns que os afetam e, sobretudo, compartilham sonhos e projetos para a continuidade da luta pela terra. (DE DAVID, 2005, p. 193-194)

Os assentamentos estão localizados principalmente ao norte do município, no quinto distrito, onde se situam um total de onze assentamentos. Na Figura 107, tem-se a espacialização desses assentamentos.

Figura 107 – Assentamentos rurais

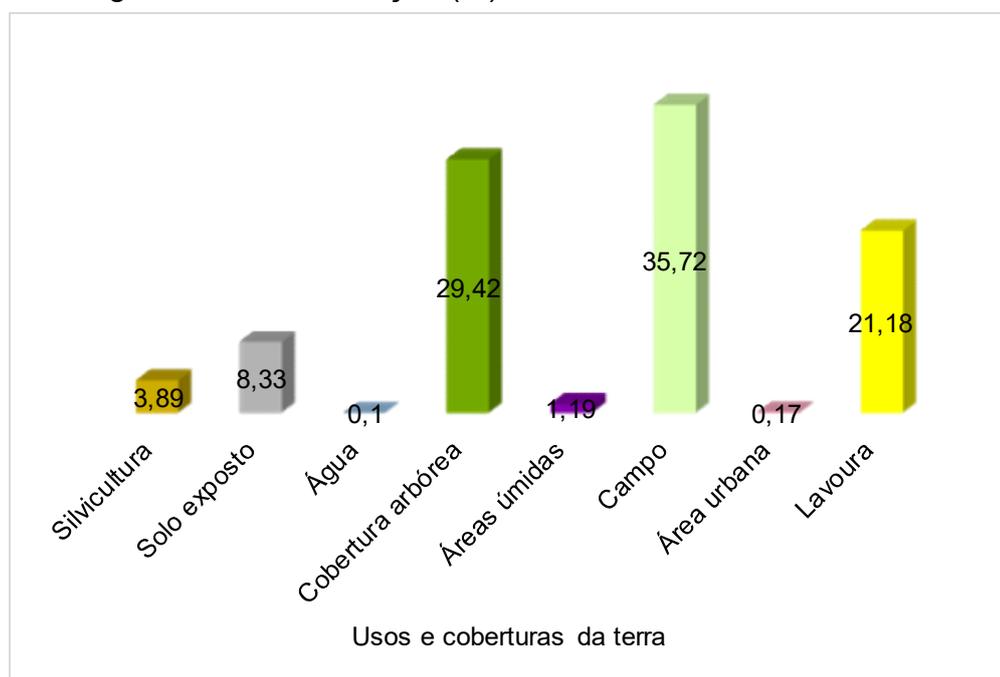


Organização: O autor (2020).

## 7.2 O ESTUDO ATUAL DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Canguçu apresenta um padrão bastante heterogêneo de usos e coberturas da terra, destacando-se o predomínio em área das classes de campo nativo com formação herbácea, seguido da classe de cobertura arbórea. Na Figura 108, é mostrada a distribuição (%) e, na Figura 109, a espacialização dos tipos de usos e coberturas da terra da área de estudo.

Figura 108 – Distribuição (%) dos usos e coberturas da terra



Organização: O autor (2019).



### 7.2.1 Campo nativo

Na área de estudo, a cobertura da terra de campo nativo é a predominante, caracteristicamente constituindo o espaço ideal para a pecuária. Compreende 1.258,67 km<sup>2</sup>, ou mais de 35%, de Canguçu. É mais representativa sobre áreas de relevo plano-colinoso e está localizada ao centro e nordeste da área de estudo. Também é representativa ao noroeste e ao sul sobre relevo com declividades mais acentuadas. Em todos os casos, é a cobertura que se sobressai e caracteriza, sobretudo, grandes propriedades.

O campo nativo tem um tipo de uso que sofre menos com os processos erosivos quando comparado às áreas de solo exposto, por exemplo. Coelho Netto (2009), baseando-se em experimentos realizados por alguns pesquisadores, observou que nas áreas de gramíneas há interceptação significativa da precipitação, diminuindo o escoamento superficial.

As áreas de campo nativo tornam-se muito suscetíveis aos processos erosivos quando as declividades são acentuadas e há uso intensivo pela pecuária. A Figura 110 identifica uma área típica de campo nativo em Canguçu, localizada ao nordeste, em área de Depósitos Elúvio-Coluvionares e solos Planossolos.

Figura 110 – Área de campo nativo composta por gramíneas (Coordenadas: 31°01'54" e 52°19'04" Visão: NE)



Fonte: O autor (2019).

### 7.2.2 Vegetação arbórea

A segunda maior área de uso e cobertura refere-se à mata nativa, ocupando 1.036,99 km<sup>2</sup>, ou quase 30% da área de estudo. A expressividade desse uso e cobertura é compreensível, pois no município de Canguçu há uma grande densidade de cursos fluviais e ao longo deles ainda prevalece a mata ciliar.

Além de ser comum ao longo dos cursos fluviais, a mata nativa também prevalece nas áreas de declividades acentuadas com solos pedregosos (trabalhos *in loco*), uma vez que são lugares de difícil acesso e inadequadas para o uso de máquinas agrícolas. É um tipo de cobertura da terra menos suscetível aos processos erosivos. Apesar das discussões realizadas acerca do real potencial de proteção do solo pela cobertura vegetal de porte arbóreo, Cunha e Guerra (2009, p. 359), assinalam que:

A cobertura vegetal reduz as taxas de erosão do solo através de sua densidade, da possibilidade de reduzir a energia cinética das chuvas, através da interceptação de suas copas, e de formar húmus, importante para a estabilidade e teor de agregados dos solos. Tem papel importante na infiltração e na redução do escoamento superficial.

Essas observações destacadas anteriormente também são corroboradas por Coelho Netto (2009), porque, na visão desse autor, a cobertura vegetal tem múltiplas funções, como a interceptação de parte da precipitação e o aumento da infiltração. A Figura 111 representa o aspecto típico dessa cobertura da terra na área de estudo, perfazendo um fundo de vale e elevado topográfico.

Figura 111 – Área de cobertura arbórea nativa (Coordenadas: 31°27'52" e 52°48'13" Visão: W)



Fonte: Trentin (2019).

### 7.2.3 Lavouras

Ocupando a terceira maior proporção da área de estudo, tem-se o uso da lavoura, com 746,49 km<sup>2</sup>, ou pouco menos de 22% dessa área. Como vimos nos itens anteriores, Canguçu é um importante polo da agricultura gaúcha, fortalecido especialmente pelo seu caráter familiar, mas também ocorrendo médias e grandes lavouras.

Quanto à suscetibilidade aos processos erosivos desse tipo de uso e cobertura em questão, varia conforme as técnicas usadas pelos agricultores. Geralmente, os grandes produtores empregam mais tecnologia em suas lavouras, o que diminui a erosão dos solos, aspecto também observado ultimamente por parte dos pequenos agricultores. Ainda assim, as áreas que mais sofrem com os processos erosivos são as da agricultura familiar, tópico que também havia sido destacado por Cunha *et al.* (1997). A Figura 112 apresenta uma área típica de lavoura em processo de crescimento.

Figura 112 – Área com lavoura de soja (Coordenadas: 30°59'46" e 52°33'54" Visão: W)



Fonte: Trentin (2019).

Viera (2012) observou que, mesmo em áreas de lavouras onde o solo se encontra coberto pelas plantas, pode haver perdas maiores para erosão se comparada à cobertura vegetal nativa. Segundo esse autor:

É sabido, no entanto, que determinadas espécies de plantas cultivadas nunca alcançam a mesma densidade que a vegetação natural, submetida às duras leis da concorrência biológica. Folhas e ramos constituem, aqui, uma tela de proteção menos eficaz contra o bombardeio do solo pelas gotas das chuvas (erosão pluvial). (VIERA, 2012, p. 48)

Ainda, o autor anteriormente citado observa que:

a agricultura implica, portanto, em si mesma um risco de degradação dos solos, que aumenta a suscetibilidade aos fenômenos morfogenéticos, como, por exemplo, às enxurradas (escoamento superficial). (VIERA, 2012, p. 48)

#### **7.2.4 Solo exposto**

As áreas de solo exposto caracterizam lugares utilizados para extração de cascalho, as próprias estradas e principalmente lavouras em preparo para o plantio ou em processo de germinação, as quais permanecem temporariamente

descobertas. Portanto, essa classe de uso permanece, em geral, porém temporariamente, nessa condição. Entre todos os usos e coberturas destacados na presente pesquisa, essas são as áreas que mais sofrem com os processos erosivos na área de estudo, principalmente em episódios pluviométricos extremos.

Nas palavras de Guerra (2009, p. 171):

A ausência da cobertura vegetal facilita o impacto das gotas de chuva, fazendo com que os agregados se quebrem, crostas sejam formadas na superfície do solo, o que aumenta os efeitos do escoamento superficial, causando maiores taxas de erosão.

Os processos erosivos mais facilmente se instalam sobre áreas de solo exposto. São ainda intensificados por fatores como encostas desprotegidas de vegetação, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas, além de encostas íngremes (CUNHA; GUERRA, 2010). Solos expostos cobrem uma área de 293,74 km<sup>2</sup>, ou pouco mais de 8% da área de estudo. A Figura 113 representa uma área de lavoura com solo exposto.

Figura 113 – Área de solo revolvido preparado para cultivo (Coordenadas: 31°03'33"S e 52°40'39" Visão: NO)



Fonte: O autor (2019).

### 7.2.5 Silvicultura

Com área de 137,21 km<sup>2</sup>, ou mais de 3% de Canguçu, destacam-se as áreas de silvicultura. Elas são mais expressivas nas grandes propriedades e mais concentradas ao norte da área de estudo. Nas pequenas propriedades rurais também é praticada a silvicultura, a qual a lenha, como produto florestal, é muito utilizada na cura do fumo.

Apesar de muitas controvérsias sobre esse tipo de cultura, a destacar o baixo índice da fauna nesses ambientes, ela também apresenta muitos aspectos positivos. Em Canguçu, Ehlert (2010, p. 5) observou que:

[...] é possível estabelecer a produção rural com recuperação e conservação ambiental, além do cumprimento das legislações vigentes. Implantando-se projetos de silvicultura, viabilizou-se o uso de áreas improdutivas e de baixa capacidade produtiva em potenciais atividades com geração de renda aliada à preservação.

O autor anteriormente citado traz ainda uma observação importante sobre a silvicultura para as realidades regionais e locais, afirmando que essa atividade “vem contribuindo na construção do conhecimento e de uma nova visão do agronegócio para o município e região” (EHLERT, 2010, p. 23). A Figura 114 apresenta uma área típica de silvicultura em grande propriedade.

Figura 114 – Área com silvicultura (Coordenadas: 31°02'01" e 52°36'06" Visão: W)



Fonte: Trentin (2019).

### 7.2.6 Áreas úmidas

Primeiramente, na análise do conceito das áreas úmidas, é importante destacar as considerações de Junk e Piedade (2015, p. 23–24), os quais as consideram como tendo “papel importantíssimo no ciclo hidrológico, e que elas são recursos hídricos de suma importância econômica, social e ecológica”.

Grosso modo, áreas úmidas funcionam como uma “esponja”, ou seja, nos períodos de chuvas, elas absorvem água e nos períodos de estiagens, liberam água, aspecto que também contribui para a vazão dos cursos fluviais. Elas são muito comuns junto às cabeceiras de drenagem, formadoras dos primeiros cursos fluviais. Formam as áreas regionalmente conhecidas como “banhados”.

Essas áreas úmidas também são comuns nas áreas ciliares dos cursos fluviais de ordem expressiva, lugares onde ocorrem extravasamento periódico das águas em consequência das cheias.

Conceituação mais apropriada para esses ambientes é discutida por Simioni e Guasselli (2017, p. 43), os quais empregam o termo “Banhado” quando se referem às áreas úmidas. Segundo esses autores,

O termo Banhado refere-se a um tipo de Área Úmida que apresenta alta complexidade e grande diversidade de gradientes ambientais. Estes ecossistemas são caracterizados pela presença de: i) depósitos paludiais e turfas; ii) solos hidromórficos; e iii) presença de macrófitas aquáticas. São regulados pelos pulsos de inundação, permanecendo constante ou temporariamente inundados, com a presença de vegetação adaptada às flutuações do nível da água e uma biota característica.

As áreas úmidas ocupam 42,15 km<sup>2</sup>, ou pouco mais de 1% da área de estudo. Elas ocorrem junto às margens do rio Camaquã e são áreas bastante utilizadas para o cultivo de arroz irrigado, inclusive. A Figura 115 representa uma área úmida.

Figura 115 – Área úmida próxima ao rio Camaquã (Coordenadas: 30°59'34" e 52°39'00" Visão: L)



Fonte: O autor (2019).

### 7.2.7 Área urbana

A área urbana abrange 5,92 km<sup>2</sup>, ou 0,17% de Canguçu, e se localiza ao sudeste do município. Segundo dados do IBGE (2010), a população urbana é de 19.694 habitantes, menos de 40% da população total.

O meio urbano de Canguçu é provido sobretudo pelo setor terciário da economia, com mínima participação do setor secundário. O setor de serviços é razoavelmente completo, com muitos consultórios médicos e odontológicos, escritórios, agências bancárias etc. O comércio também é bastante completo, com muitas redes de lojas e supermercados, fortemente dinamizados pelo poder de compra dos agricultores familiares.

Nesse sentido, Bandeira (2017, p. 139) observa que:

[...] é na cidade (lugar central) que a maioria dos moradores do campo, principalmente os pequenos agricultores, adquirem bens e serviços, tanto para atender as necessidades das atividades agrárias como para as suas necessidades pessoais.

Do ponto de vista socioambiental, assim como aspecto comum em praticamente todos os centros urbanos do Brasil, há muitos conflitos de ocupação. A cidade de Canguçu, situada sobre relevo ondulado, é área de nascentes fluviais, sendo comum a ocupação sobre essas áreas de preservação permanente. Uma visão parcial da cidade é mostrada na Figura 116.

Figura 116 – Área urbana (Coordenadas: 31°23'50" e 52°41'19" Visão: SE)



Fonte: Trentin (2019).

### 7.2.8 Corpos d'água

Enquanto áreas menos expressivas da área de estudo, apresentam-se os corpos d'água, com área de 3,48 km<sup>2</sup>, ou 0,1%. Não existem, no município de Canguçu, grandes represas. Em grande parte, o que se tem são pequenos represamentos de água para servir de bebedouro aos animais e, também, alguns poucos parques aquáticos, como mostra a Figura 117.

Figura 117 – Corpo d'água em um parque aquático (Coordenadas: 31°15'57" e 52°35'41" Visão: W)



Fonte: Trentin (2019).

## **CAPÍTULO 8 – CRUZAMENTOS DE ATRIBUTOS**

O presente capítulo apresenta a distribuição do uso, cobertura e ocupação da terra nos diferentes limites que organizam o território municipal, definidos pelos distritos e bacias hidrográficas e, também, a relação com as unidades litopedológicas e geomorfológicas.

### **8.1 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS UNIDADES LITOPEDOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS**

A partir do cruzamento entre unidades litopedológicas e os usos e coberturas da terra, observa-se que, nas unidades onde os solos são desenvolvidos, há maior representatividade dos usos antrópicos, e onde os solos são mal desenvolvidos há menor representatividade desses usos, mas importantes proporções de coberturas nativas.

Além disso, em termos gerais, observa-se que, nas unidades litopedológicas de litologias metagraníticas, há maior intensidade das classes de uso antrópico e da ocupação, se comparadas às unidades de litologias graníticas. Hipoteticamente, isso pode ser indicativo dos solos nos metagranitos serem mais desenvolvidos do que nos granitos.

A partir do cruzamento entre unidades geomorfológicas e os usos e coberturas da terra, observa-se a influência do relevo na representatividade da classe de cobertura arbórea, ou seja, as unidades com maiores gradientes apresentam percentuais maiores de coberturas nativas, especialmente a arbórea. Por conseguinte, há menores proporções dos usos antrópicos.

Outro fato observado pelo cruzamento é que as densidades ocupacionais são maiores nas unidades geomorfológicas com relevo ondulado. Esse fato se coaduna com as análises feitas no capítulo anterior, em que se observou que as áreas de relevo mais plano, com as “melhores terras”, eram doadas a notáveis, e as terras sobre relevo mais declivosos, ou “pouco desenvolvidas”, eram destinadas a futuros agricultores familiares.

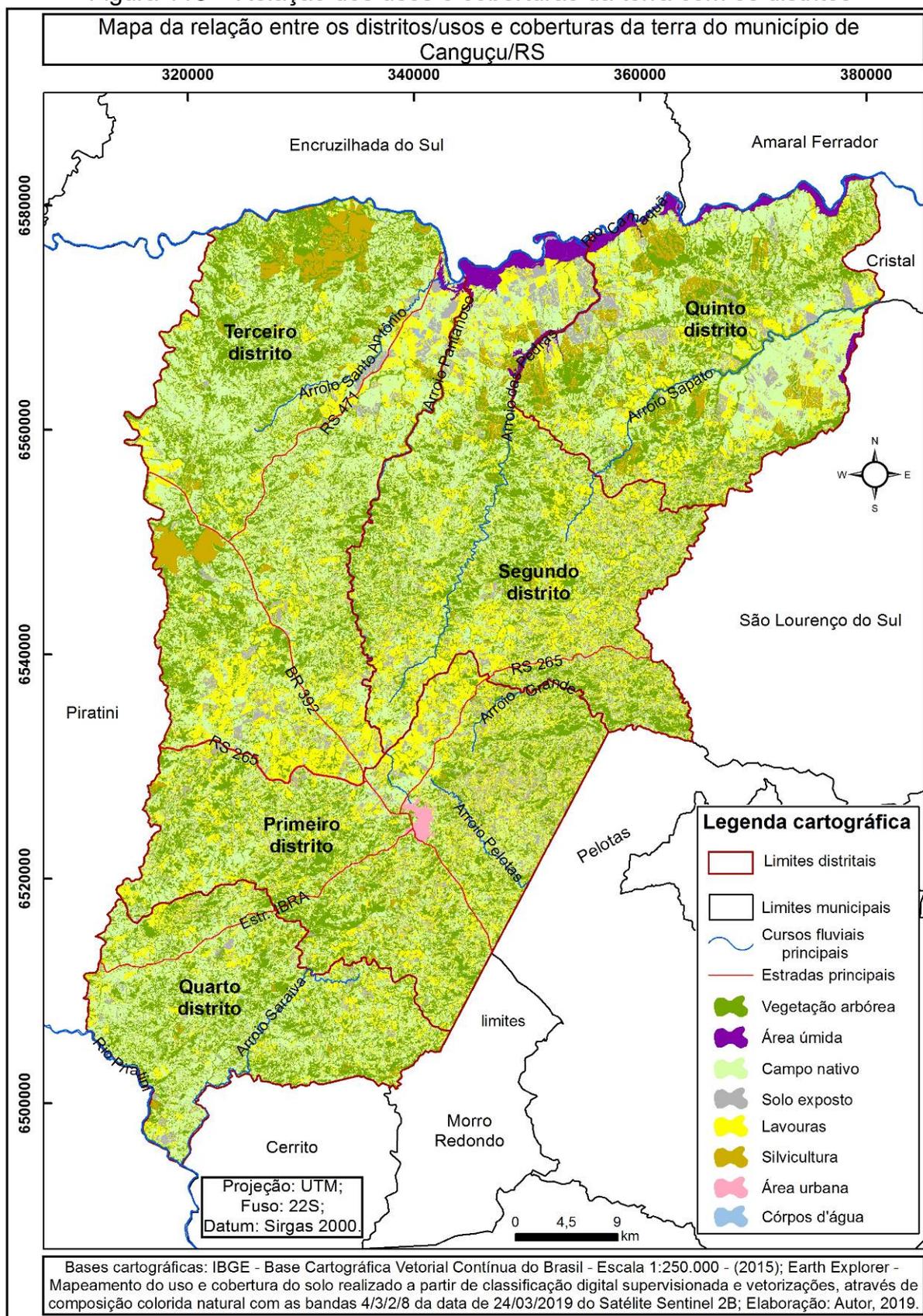
Tanto nos cruzamentos entre litopedologias quanto no cruzamento entre geomorfologias observa-se que nas unidades de litologias metagraníticas há maior intensidade da ocupação e das classes de uso antrópico, quando comparado às

unidades de litologias graníticas. Portanto, essa observação pode ser um indicativo de que os solos desenvolvidos sobre litologias metagraníticas têm grau de desenvolvimento maior do que nas litologias graníticas.

## **8.2 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NOS DISTRITOS**

Os cinco distritos de Canguçu, atualizados pela Lei municipal 2.967/2007, são delimitações estabelecidas conforme características socioeconômicas do município, aspectos que vão se refletir nos usos e coberturas da terra, Figura 118.

Figura 118 – Relação dos usos e coberturas da terra com os distritos



Organização: O autor (2019).

### 8.2.1 Relação uso da terra/Primeiro Distrito

O Primeiro Distrito caracteriza-se, sobretudo, pela macrozona rural de agricultura familiar e pela zona agroecológica de florestas. A área urbana de Canguçu está localizada nesse distrito e tem uma extensão de 5,92 km<sup>2</sup>, ou 0,86%. As coberturas nativas são predominantes, destacando-se a arbórea, com área de 217,98 km<sup>2</sup>, ou 31,21%. Os campos nativos, ainda que não sejam predominantes, possuem área de 209,77 km<sup>2</sup>, ou 30,04%, associando-se ao relevo movimentado característico nesse distrito. Os usos de lavoura e solo exposto têm áreas importantes no primeiro distrito, com percentuais relativos representativos entre os distritos. As lavouras têm 173,30 km<sup>2</sup>, ou 24,81%, e o solo exposto tem área de 70,88 km<sup>2</sup> ou 10,15%, fatos que podem estar relacionados ao predomínio da agricultura familiar. A silvicultura tem área de 20,35 km<sup>2</sup>, ou 2,91% do distrito, típica de pequenas propriedades. Os corpos d'água são pouco representativos e têm área de 0,17 km<sup>2</sup>, ou 0,02%, *vide* espacialização na Figura 118.

Relativo às suas características socioeconômicas, localização da área urbana e à sede de um assentamento estadual, há a maior densidade ocupacional entre os distritos do município, com 3,10 mnh/km<sup>2</sup>.

### 8.2.2 Relação uso da terra/Segundo Distrito

O Segundo Distrito é caracterizado predominantemente pelas macrozonas rurais de agricultura e pecuária familiar. Nesse distrito, as coberturas predominantes são campos nativos, com área de 236,96 km<sup>2</sup>, ou 31,33%, e a vegetação nativa arbórea, com área de 210,57 km<sup>2</sup>, ou 27,84%, aspectos relacionados ao relevo ondulado predominante.

Os usos de lavouras e solo exposto têm áreas importantes, respectivamente, 188,91 km<sup>2</sup>, ou 24,98%, e 78,40 km<sup>2</sup>, ou 10,37%, percentuais relativos mais representativos entre os distritos do município, relacionado ao predomínio da agricultura familiar no segundo distrito. Ao norte desse distrito, localizam-se áreas úmidas, as quais têm uma extensão de 20,43 km<sup>2</sup>, ou 2,70% do distrito. A silvicultura tem área equivalente, com 20,24 km<sup>2</sup>, ou 2,68%, caracteristicamente de agricultura familiar. Os corpos d'água são pouco representativos no distrito, com área de 0,73 km<sup>2</sup>, ou 0,10%, *vide* espacialização na Figura 118.

Historicamente, esse distrito caracteriza-se pela presença de pequenas propriedades familiares, o que se reflete na ocupação, 2,94 mnh/km<sup>2</sup>, fato também impulsionado pela localização da sede de três assentamentos estaduais.

### **8.2.3 Relação uso da terra/Terceiro Distrito**

O Terceiro Distrito é caracterizado por diferentes macrozonas rurais e predominantemente pela zona agroecológica de campo. O campo nativo é predominante, possui uma área de 406,02 km<sup>2</sup>, ou 39,96% do distrito. Consecutivamente, tem-se a cobertura arbórea com área de 301,19 km<sup>2</sup>, ou 29,63%. O campo nativo é típico e impulsionado pelas características socioeconômicas desse distrito, historicamente caracterizado por médias e grandes propriedades pecuárias.

As lavouras e solo exposto têm áreas importantes no distrito, respectivamente, 192,19 km<sup>2</sup>, ou 18,91%, e 61,95 km<sup>2</sup>, ou 6,09%. A silvicultura também apresenta área importante, 51,57 km<sup>2</sup>, ou 5,07%, caracterizada por grandes áreas de cultivo. As áreas úmidas e os corpos d'água são pouco representativos nesse distrito com, respectivamente, área de 2,35 km<sup>2</sup>, ou 0,23%, e 1,12 km<sup>2</sup>, ou 0,11%, *vide* espacialização na Figura 118.

As características socioeconômicas e dos usos e coberturas vão se refletir na densidade ocupacional, uma das mais baixas entre os distritos do município, com 1,21 mnh/km<sup>2</sup>.

### **8.2.4 Relação uso da terra/Quarto Distrito**

O Quarto Distrito se caracteriza, sobretudo, pela macrozona rural de pecuária familiar e pela zona agroecológica de florestas. Destaca-se o campo nativo, típico da pecuária familiar, com área de 182,78 km<sup>2</sup>, ou 43,31% do distrito, e a cobertura arbórea com 134,91 km<sup>2</sup> ou 31,96%. As lavouras e solo exposto têm áreas importantes com, respectivamente, 73,20 km<sup>2</sup>, ou 17,34%, e 24,35 km<sup>2</sup>, ou 5,77% do distrito. A silvicultura e os corpos d'água têm área pouco representativa no distrito, respectivamente 6,81 km<sup>2</sup>, ou 1,61%, e 0,02 km<sup>2</sup>, ou 0,01%, *vide* espacialização na Figura 118.

As características agroecológicas e a localização da sede de um assentamento estadual se refletem na densidade ocupacional do distrito, que apresenta 2,23 mnh/km<sup>2</sup>.

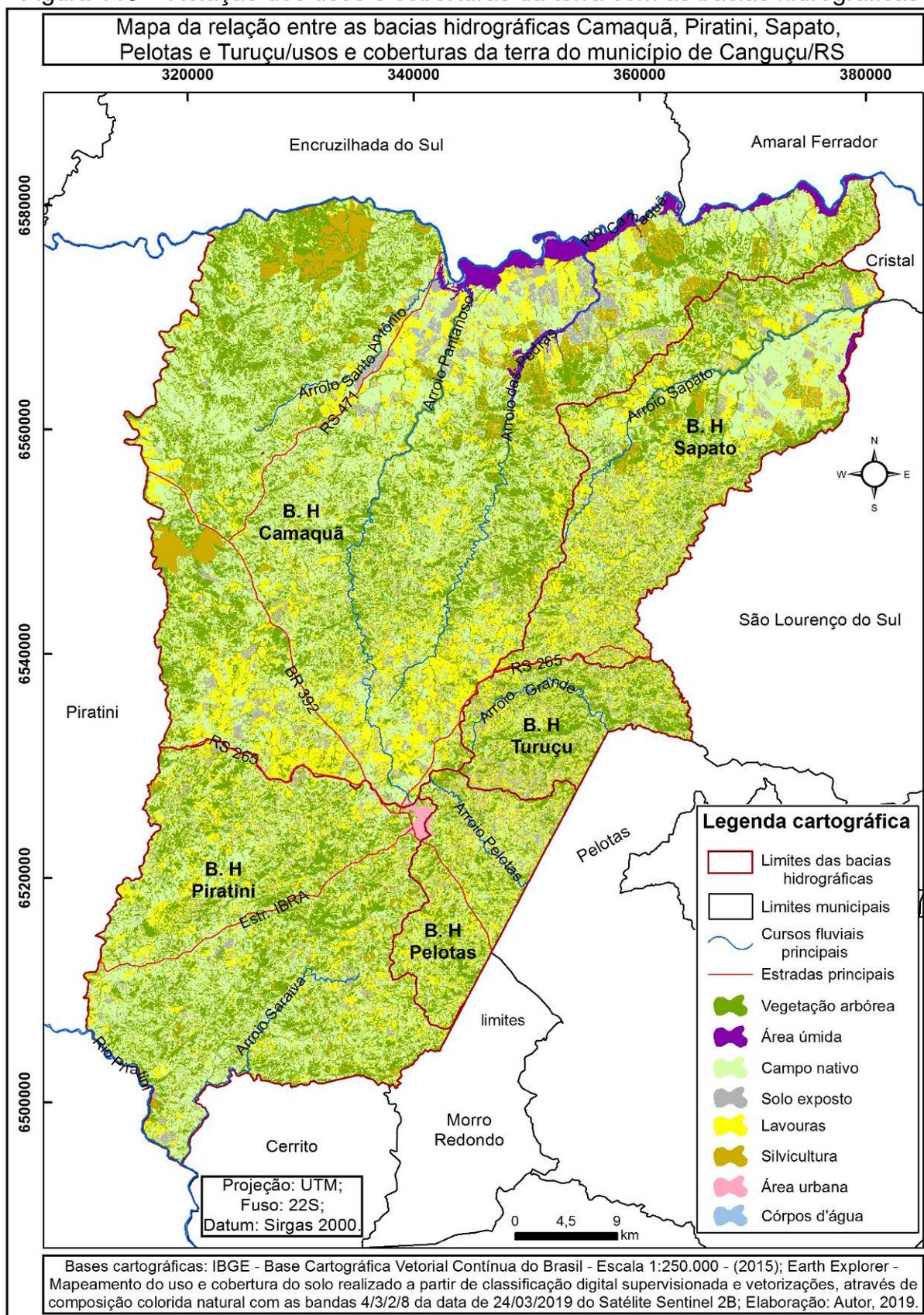
### **8.2.5 Relação uso da terra/Quinto Distrito**

No Quinto Distrito, ocorrem características de todas as zonas e macrozonas rurais. O campo nativo é predominante, com área de 223,11 km<sup>2</sup>, ou 35,35% do distrito. Consecutivamente, tem-se a cobertura arbórea com área de 172,37 km<sup>2</sup>, ou 27,30%. As lavouras e o solo exposto têm áreas importantes no distrito, apresentando, respectivamente, 118,85 km<sup>2</sup>, ou 18,83%, e 58,07 km<sup>2</sup>, ou 9,20%. A silvicultura e as áreas úmidas têm os percentuais relativos mais representativos entre os distritos, com área de 38,25 km<sup>2</sup>, ou 6,06%, e 19,20 km<sup>2</sup>, ou 3,04%, respectivamente. Essa cobertura é característica de médias e grandes propriedades, *vide* espacialização na Figura 118. Os corpos d'água têm área de 1,37 km<sup>2</sup>, ou 0,22%. Apesar de compreender a localização de maiores áreas dos assentamentos federais, nesse distrito, tem-se a menor densidade ocupacional, com apenas 1,04 mnh/km<sup>2</sup>.

### **8.3 USOS, COBERTURAS E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS**

As bacias hidrográficas são importantes parâmetros ambientais e naturais para o gerenciamento ambiental. O cruzamento dos usos e coberturas da terra nesses ambientes potencializam esse conhecimento. Na Figura 119 temos a espacialização dos atributos em questão.

Figura 119 – Relação dos usos e coberturas da terra com as bacias hidrográficas



Organização: O autor (2020).

### 8.3.1 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do rio Camaquã

Com a maior área no município, destaca-se a bacia do rio Camaquã, a qual está localizada ao centro-norte e noroeste, cobrindo o terceiro e parte importante dos Segundo e Quinto Distritos. Compreende todas as zonas e macrozonas rurais, com destaque para a macrozona de campo.

Reflexos desse contexto locacional e socioeconômico, as coberturas nativas são predominantes na bacia. O campo nativo, por exemplo, tem área de 700,96 km<sup>2</sup>, ou 37,20%, e a arbórea, área de 529,74 km<sup>2</sup>, ou 28,11%. Os usos antrópicos são importantes na bacia, como podemos observar com as lavouras, que têm área de 382,62 km<sup>2</sup>, ou 20,30%, e o solo exposto, área de 139,74 km<sup>2</sup>, ou 7,41%. A silvicultura e as áreas úmidas destacam-se como as áreas mais representativas entre as bacias hidrográficas do município, respectivamente com áreas de 88,56 km<sup>2</sup>, ou 4,70%, e 39,74 km<sup>2</sup>, ou 2,11%. Outros usos e coberturas pouco representativos na bacia são os corpos d'água, que possuem área de 2,76 km<sup>2</sup>, ou 0,15%, e a área urbana, com 0,35 km<sup>2</sup>, ou 0,02%, *vide* espacialização na Figura 119.

Na bacia Camaquã, localizam-se a sede de três assentamentos estaduais e quase a totalidade dos assentamentos federais. Apesar de predominar em uma região formada por médias e grandes propriedades rurais, a localização desses assentamentos eleva a densidade ocupacional da bacia, que registra 1,55 mnh/km<sup>2</sup>. Entretanto está abaixo da média municipal, que é de 2,05 mnh/km<sup>2</sup>.

### 8.3.2 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do rio Piratini

Com a segunda maior área do município, destaca-se a bacia hidrográfica do rio Piratini. Localiza-se ao sul-sudoeste, cobrindo o quarto e área importante do Primeiro Distrito. Caracteriza-se pelas macrozonas rurais de agricultura e pecuária familiar e, sobretudo, pela zona agroecológica de florestas.

As coberturas nativas são predominantes na bacia, o campo tem área de 293,84 km<sup>2</sup>, ou 38,78%, e arbórea, área de 251,27 km<sup>2</sup>, ou 33,15%. Os usos antrópicos também apresentam áreas importantes na bacia, a exemplo das lavouras, que têm área de 144,60 km<sup>2</sup>, ou 19,07%, e solo exposto, área de 48,22 km<sup>2</sup>, ou 6,36%. A silvicultura tem área de 15,27 km<sup>2</sup>, ou 2,01%. Outros usos e

coberturas, pouco representativos na bacia, têm as seguintes áreas: área urbana com 4,72 km<sup>2</sup>, ou 0,62%; e corpos d'água com 0,12 km<sup>2</sup>, ou 0,01%, *vide* espacialização na Figura 119.

A bacia registra densidade ocupacional acima da média municipal, com 2,51 mnh/km<sup>2</sup>, fato que está relacionado à localização de área importante do Primeiro Distrito, além da sede de dois assentamentos estaduais.

### **8.3.3 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Sapato**

A bacia do arroio Sapato está localizada ao nordeste municipal sobre área do Quinto e do Segundo Distrito. Caracteriza-se por todas as macrozonas rurais e pela zona de florestas.

As coberturas nativas são predominantes na bacia. O campo tem área de 170,46 km<sup>2</sup>, ou 32,88%, e a arbórea tem área de 137,68 km<sup>2</sup>, ou 26,56%. Os usos antrópicos têm área importante na bacia, as lavouras têm área de 129,92 km<sup>2</sup>, ou 25,06%, e o solo exposto tem área de 57,54 km<sup>2</sup>, ou 11,10%. A silvicultura também tem área importante na bacia, 19,86 km<sup>2</sup>, ou 3,83%. Outros usos e coberturas, pouco representativos na bacia, têm as seguintes áreas: área úmida (2,40 km<sup>2</sup>, ou 0,46%) e corpos d'água (0,56 km<sup>2</sup>, ou 0,11%), *vide* espacialização na Figura 119.

Reflexo das características socioeconômicas e dos usos e ocupação, a bacia tem densidade ocupacional acima da média, registrando 2,06 mnh/km<sup>2</sup>, fato também relacionado à localização de área dos assentamentos federais e à sede de três assentamentos estaduais.

### **8.3.4 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Pelotas**

Essa bacia hidrográfica está localizada ao sudeste do município, sobre o Primeiro Distrito. É caracterizada pela macrozona rural de agricultura familiar e pela zona agroecológica de florestas.

As coberturas nativas são predominantes na unidade. A arbórea tem área de 57,81 km<sup>2</sup>, ou 30,15%, e o campo tem área de 57,02 km<sup>2</sup>, ou 29,72%. Reflexo das características socioeconômicas, os usos antrópicos têm áreas importantes na unidade, vejamos as lavouras: área de 47,12 km<sup>2</sup>, ou 24,56%; e o solo exposto tem área de 22,14 km<sup>2</sup>, ou 11,54%. Outros usos e coberturas, pouco representativos na

bacia, têm as seguintes áreas: silvicultura (6,88 km<sup>2</sup>, ou 0,58%), urbano (0,85 km<sup>2</sup>, ou 0,44%) e corpos d'água (0,03 km<sup>2</sup>, ou 0,01%), *vide* espacialização na Figura 119.

Esses aspectos locais e socioeconômicos vão se refletir na densidade ocupacional da bacia, apresentando 4,43 mnh/km<sup>2</sup>, o maior número entre as bacias hidrográficas do município.

### **8.3.5 Relação uso da terra/bacia hidrográfica do arroio Turuçu**

A bacia hidrográfica do arroio Turuçu está localizada ao sudeste do município, sobre o Primeiro e o Segundo distrito. É caracterizada pelas macrozonas rurais de pecuária familiar, mas, sobretudo, pela agricultura familiar.

A cobertura predominante é a arbórea, com área de 60,43 km<sup>2</sup>, ou 35,22%, e o campo nativo também tem área importante na bacia, com 36,31 km<sup>2</sup>, ou 21,18%. O uso da lavoura tem a segunda área mais representativa na bacia, com 42,14 km<sup>2</sup>, ou 24,56%, e o solo exposto também apresenta área importante: 26,01 km<sup>2</sup>, ou 15,16%. A silvicultura também apresenta área importante na unidade, com 6,64 km<sup>2</sup>, ou 3,87%. Já os corpos d'água têm área pouco representativa, vejamos: 0,02 km<sup>2</sup>, ou 0,01%, *vide* espacialização na Figura 119.

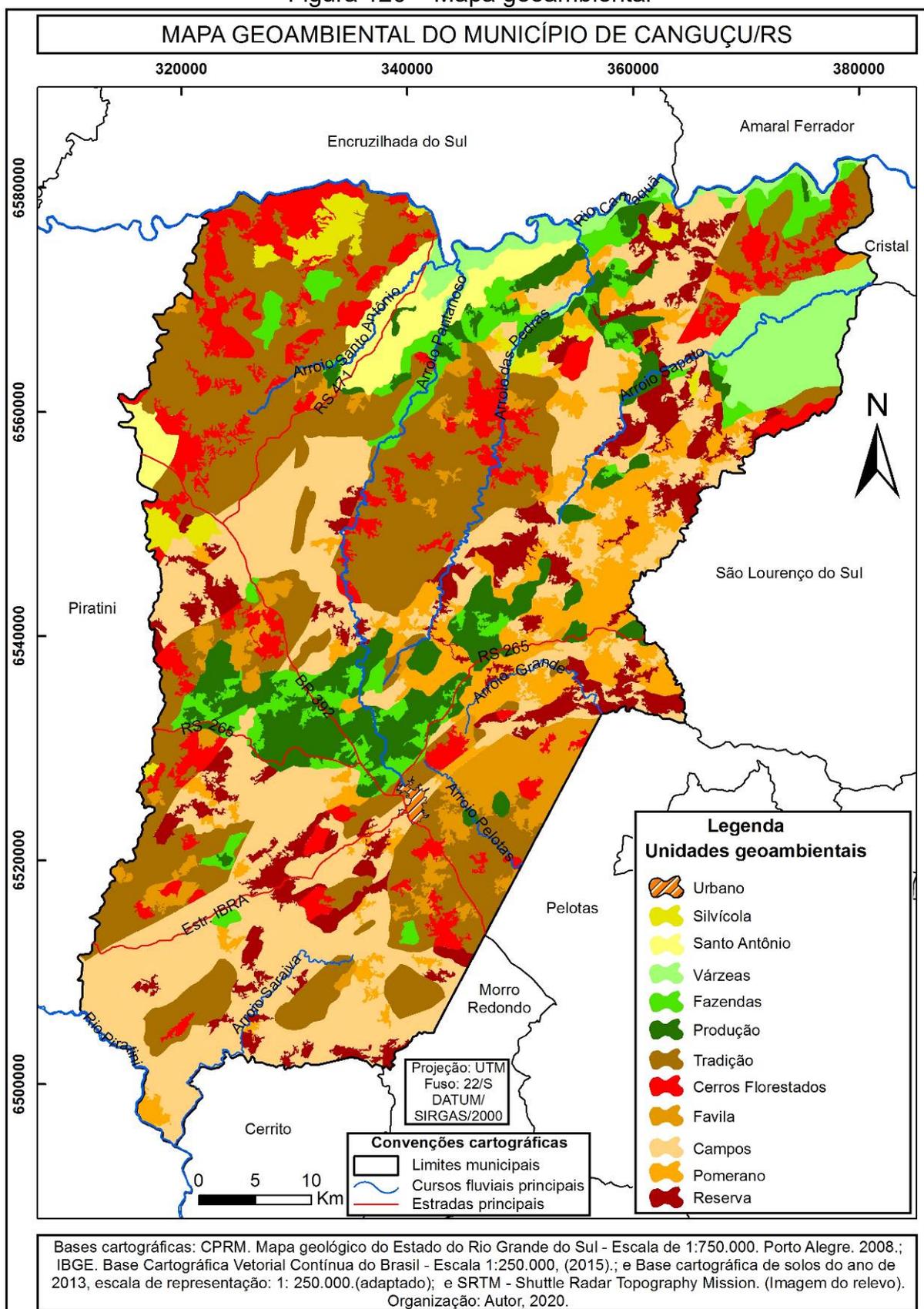
Pelas suas características locais e socioeconômicas, a bacia tem densidade ocupacional acima da média, registrando 2,73 mnh/km<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO 9 – CARACTERIZAÇÃO E ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL**

O presente capítulo representa o resultado final da pesquisa, portanto, da associação dos atributos levantados na tese. Desse modo, são apresentadas e analisadas as unidades geoambientais da área de estudo.

A compartimentação geoambiental apresenta os dados obtidos na pesquisa, os quais são reunidos e organizados de modo a facilitar a interpretação do meio. A análise é realizada de forma integrada, entre atributos físicos e socioeconômicos, para compreender o meio estudado, resultando em uma síntese que se refere à análise das potencialidades, suscetibilidades, acertos e conflitos ambientais. Assim, a área de estudo é caracterizada pelo total de 12 unidades geoambientais (Figura 120).

Figura 120 – Mapa geoambiental



Organização: O autor, 2020.

## 9.1 UNIDADE URBANO

Localizado no Primeiro Distrito e com população de 19.694 habitantes, sob influência da bacia hidrográfica do rio Piratini, apresenta-se o meio urbano de Canguçu com área de 5,89 km<sup>2</sup>, ou 0,17% da área do município. Está situado sobre um substrato granítico caracterizado por relevo de Morrotes com predomínio de elementos em encostas, vales e cristas (Figura 121).

A unidade está situada em área com altitudes acima de 300 metros, onde a impermeabilização com asfalto protege a erosão do solo que é caracterizado por Neossolos litólicos e Cambissolos com porções de Argissolos pouco espessos. As fundações nessa área são, do ponto de vista da geologia, seguras.

Essa unidade é caracterizada pela maior disponibilidade de serviços para a população como comércio, saúde e educação. A área urbana também é cruzada pela BR 392, importante rodovia que liga Canguçu às cidades de Pelotas e Rio Grande, polos regionais.

As suscetibilidades estão relacionadas ao lançamento de efluentes sem tratamento e diretamente na rede de drenagem. Outra suscetibilidade do meio urbano está relacionada ao abastecimento de água, pois, por estar localizado em área das maiores altitudes do município e da região, o abastecimento torna-se escasso. Inclusive, nos períodos de estiagem, é necessário o bombeamento de água de longas distâncias, principalmente do arroio Pantanoso ou a importação de água potável.

Figura 121 – Área urbana (Coordenadas: 31°23'50" e 52°41'19" Visão: SE)



Fonte: Trentin (2019).

## 9.2 UNIDADE CERROS FLORESTADOS

A unidade está disseminada por todo o município, sendo predominante ao noroeste e na bacia hidrográfica do rio Camaquã, com área de 304,87 km<sup>2</sup>, ou 8,65% da área de Canguçu. É caracterizada por relevo de Morrotes, predominantes, e Morros compostos por elementos em vales, encostas e cristas.

O substrato é formado por intrusões tardias de sieno e monzogranitos com predomínio de solos mal desenvolvidos do tipo Neossolos litólicos em vertentes com inclinações superiores a 15%. Ocorrem Argissolos pouco espessos em porções das vertentes com inclinações inferiores a 15%.

A unidade é formada por cobertura arbórea nativa (Figura 122), importante potencialidade ambiental e Morros com blocos rochosos, popularmente conhecidos por cerros, representando beleza cênica. Tanto a flora quanto a fauna local constituem importante refúgio.

São áreas com características físicas que acarretam difícil acesso à ação antrópica, aspecto que influi na ocupação, pois é predominante a baixa densidade ocupacional.

Figura 122 – Cobertura arbórea em morro granítico na unidade Cerro Florestados (Coordenadas: 31°25'06" e 52°46'48"; ponto de visada: NE)



Fonte: O autor (2019).

### 9.3 UNIDADE RESERVA

A unidade está disseminada por quase todo o território municipal, área de 262,07 km<sup>2</sup>, ou 7,43% da área de Canguçu. São relevos em forma de Morros e principalmente Morrotes, formados predominantemente por elementos em encostas, vales e cristas, com altitudes que variam de 100 a 400 metros, e vertentes voltadas para o sul e sudeste, aspecto que favorece o desenvolvimento das vegetações.

Diferentemente da unidade Cerros Florestados, a Reserva está assentada sobre um substrato de Metagranitos, caracterizando-se por solos rasos que variam de Neossolos, predominantes, até os Argissolos. A cobertura é de vegetação arbórea nativa densa (Figura 123), a mais importante das unidades, a qual é importante, também, para manutenção de corredores ecológicos na região.

Devido às características da cobertura da terra, há de média a baixa densidade ocupacional na unidade, com média densidade na sede do assentamento

Herdeiros da Luta e área dos assentamentos União, Pitangueiras, Quikuo, Guajuviras II e Novo Amanhecer.

Essa unidade, outrora, serviu bastante aos fumicultores com fornecimento de lenha nativa para a cura do fumo e, atualmente, é degradada em consequência do avanço da cultura de soja no município.

Figura 123 – Cobertura arbórea nativa na unidade Reserva (Coordenadas: 31°27'45" e 52°48'16"; Foto: 329. Visão: W)



Fonte: Trentin (2019).

#### 9.4 UNIDADE TRADIÇÃO

A unidade está disseminada por toda a área de estudo, especialmente na porção noroeste, e tem influência da bacia hidrográfica Piratini e Terceiro Distrito, com área de 889,39 km<sup>2</sup>, ou 25,23% da área do município. É caracterizada por relevo de Morros e principalmente Morrotes, formados predominantemente por elementos em encostas, vales e cristas, com altitudes entre 200 a 300 metros.

Ocorre substrato de litologias graníticas formadas por intrusões tardias de sieno e monzogranitos compostos predominantemente por quartzo e feldspatos minerais, resistentes ao intemperismo. As porções de vertente mais inclinadas são

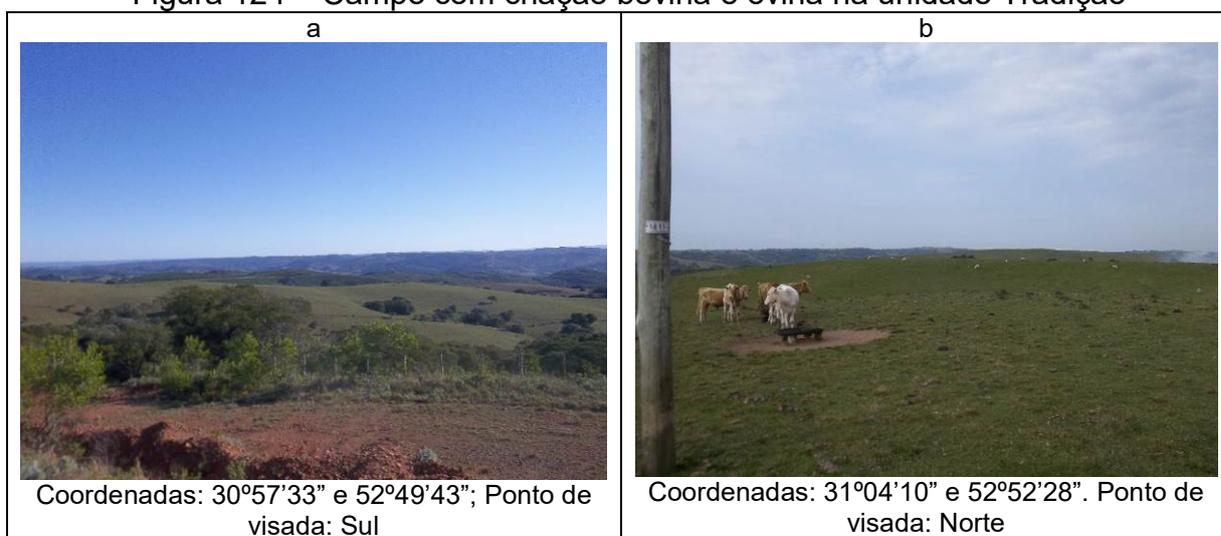
predominantes e ocorrem solos do tipo Neossolos litólicos. Nas áreas de relevo mais suave, em geral próximo ao topo, os solos são do tipo Argissolos pouco espessos.

A cobertura é de campos nativos com vegetação gramínea e, no geral, caracteriza-se por médias e grandes propriedades com uso de pecuária extensiva, destacando-se a criação bovina e, quanto característica peculiar da unidade, a criação ovina (Figura 124 a, b).

A unidade se apresenta com baixa a média densidade ocupacional, predominando a média densidade na sede dos assentamentos Nova Conquista e Colônia São Pedro e área dos assentamentos União e Pitangueiras.

As áreas de relevo com inclinações superiores a 15%, suscetíveis a processos erosivos, são as principais suscetibilidades socioambientais da unidade, enquanto as potencialidades são os campos nativos com gramíneas podendo ser explorados de forma sustentável com a atividade pecuária.

Figura 124 – Campo com criação bovina e ovina na unidade Tradição



Fonte: O autor (2019).

## 9.5 UNIDADE CAMPOS

A unidade está disseminada em quase toda a área municipal, com maior concentração ao sul, Quarto Distrito, sob influência da bacia hidrográfica do rio Piratini, área de 849,86 km<sup>2</sup>, ou 24,11% da área do município estudado.

É caracterizada por um relevo movimentado, formado por padrões de Morros e principalmente Morrotes constituídos predominantemente por elementos em encostas, vales e cristas com altitudes entre 200 a 400 metros em substrato de

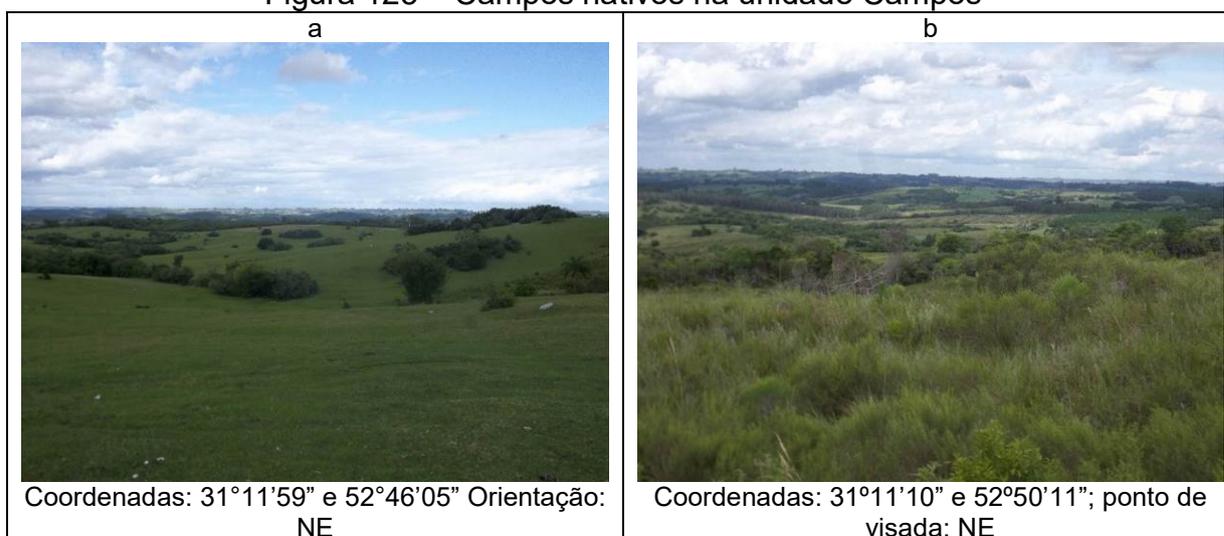
corpos orientados de granitos com foliação metamórfica, diferenciando-se da unidade Tradição. Os solos variam de Neossolos litólicos em vertentes mais inclinadas até Argissolos em vertentes com inclinações inferiores a 15%.

A unidade é formada por pequenas e médias propriedades caracterizadas por campos nativos com vegetação herbácea usados com pecuária bovina (Figura 125 a, b), importante potencialidade socioeconômica.

No geral, a unidade apresenta de média a baixa densidade ocupacional, sendo predominante média densidade na sede dos assentamentos Boa Fé, Nova Esperança e Doze de Julho e área dos assentamentos União, Quikuio e Pitangueiras.

A unidade é cruzada pela estrada do Ibra (não pavimentada), importante via de transporte que liga as cidades de Canguçu e Piratini, caracterizada por trânsito intenso.

Figura 125 – Campos nativos na unidade Campos



Fonte: O autor (2020).

## 9.6 UNIDADE FAZENDAS

Essa unidade tem área de 177,43 km<sup>2</sup>, ou 5,05% da área do município, e está localizada principalmente no centro e norte municipal sob influência da bacia hidrográfica do rio Camaquã.

A unidade apresenta um relevo em colinas formado predominantemente por elementos base da encosta, encostas e plano. Ocorre substrato granítico e metagranítico com predomínio de solos bem desenvolvidos do tipo Argissolos.

Ocorrem solos mal desenvolvidos em porções mais resistentes da litologia, formando degraus na meia vertente.

A unidade caracteriza-se pela cobertura campo nativo (Figura 126) aproveitado com pecuária bovina, destacando-se médias e grandes propriedades rurais onde a densidade ocupacional é baixa. Entretanto, na porção onde ocorrem a sede do assentamento Renascer e parte dos assentamentos Palmeira Perseverantes na Luta, Arroio das Pedras, da Costa Mãe Terra, Guajuviras II, Novo Amanhecer e União predomina a média densidade ocupacional. O relevo levemente ondulado com formação de campos nativos é importante potencialidade para atividades pecuárias.

Figura 126 – Campo nativo com criação bovina na unidade Fazendas (Coordenadas: 31°22'56" e 52°41'35"; Visão: Norte)



Fonte: O autor (2021).

## 9.7 UNIDADE SILVÍCOLA

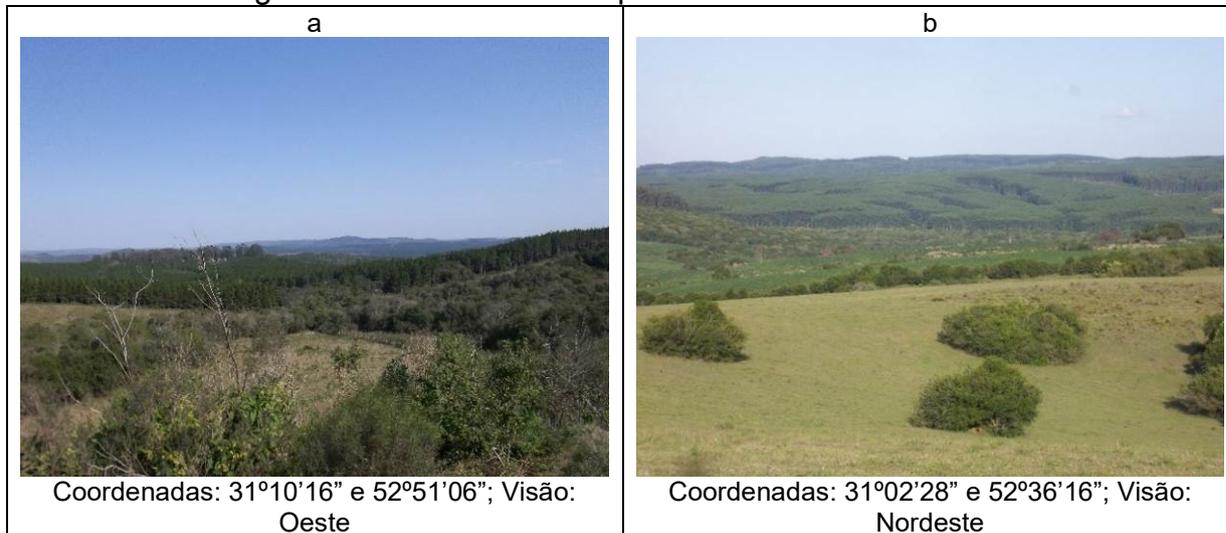
A unidade está localizada a oeste e norte da área de estudo predominantemente na bacia hidrográfica do rio Camaquã, área de 61,09 km<sup>2</sup>, ou

1,73% da área de Canguçu. É caracterizada por padrões de relevo em Morrotes e principalmente Morros com predomínio de elementos em vales, encostas e cristas e altimetrias entre 100 a 300 metros.

A unidade está assentada sobre um substrato de Metagranitos e principalmente de Granitos, com solos mal desenvolvidos, Neossolos litólicos. É caracterizada pelo uso da silvicultura; a oeste, destaca-se o plantio de pinus e, nas áreas ao norte, destaca-se o plantio de eucalipto (Figura 127 a, b), produtos geralmente destinados ao mercado externo.

Nessa unidade, a silvicultura caracteriza-se como áreas contínuas e extensas onde se desenvolve cultivo único, o que faz com que seja considerada uma suscetibilidade ambiental e também socioambiental, pois, em geral, emprega mão de obra esporadicamente. Por outro viés, como são áreas com solos incipientes e relevo de difícil acesso, a inserção da silvicultura gera ganho econômico através de impostos principalmente. As características físicas e de uso da unidade se refletem na densidade ocupacional, predominantemente baixa.

Figura 127 – Pinus e eucalipto sobre a unidade Silvícola



Fonte: O autor (2019).

## 9.8 UNIDADE VÁRZEAS

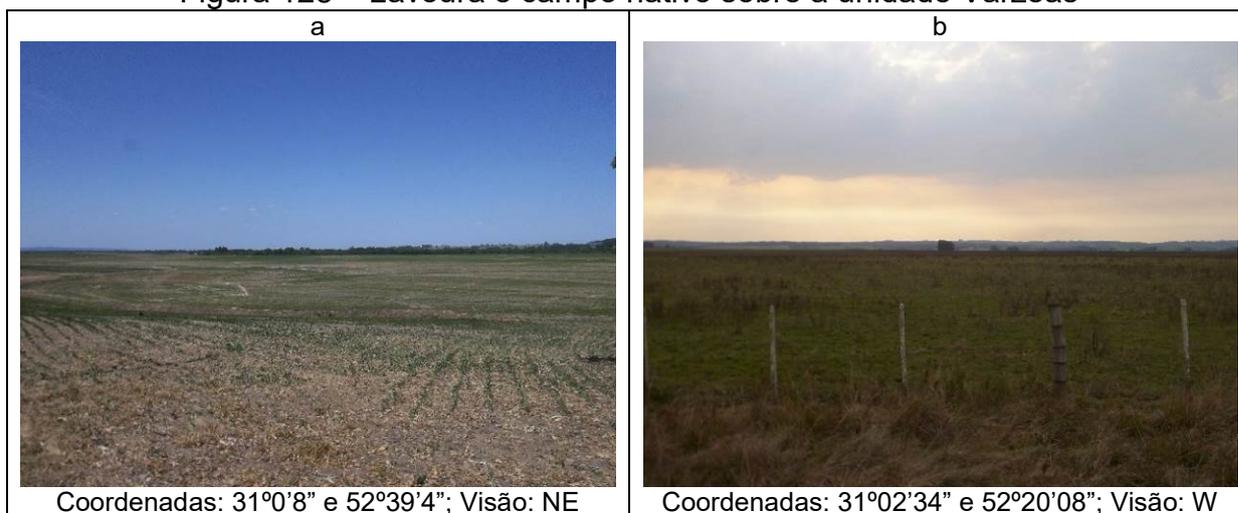
A unidade ocorre ao norte e nordeste municipal, junto ao rio Camaquã e ao arroio Sapato sob influência dessas mesmas bacias hidrográficas, com área de 168,93 km<sup>2</sup>, ou 4,79% da área do município. É caracterizada por padrões de relevo

em Planícies e, principalmente, Colinas, localizados em baixas altitudes, menores que 100 metros, e formados predominantemente por elementos planos.

A unidade apresenta substrato formado por Depósitos Recentes caracterizando solos hidromórficos ocupados por uma associação de campos e lavouras com uso para arroz e pecuária, atualmente com inserção da soja (Figura 128 a, b).

São áreas historicamente caracterizadas por médias e grandes propriedades, fato que se reflete na baixa a média densidade ocupacional da unidade. Ocorre média densidade ocupacional na área dos assentamentos Arroio das Pedras, Costa Mãe Terra, Guajuviras II, Novo Amanhecer, Quikuio e União. As características do relevo e dos solos são importantes potencialidades para a agropecuária, havendo boa disponibilidade de água.

Figura 128 – Lavoura e campo nativo sobre a unidade Várzeas



Coordenadas: 31°0'8" e 52°39'4"; Visão: NE

Coordenadas: 31°02'34" e 52°20'08"; Visão: W

Fonte: O autor (2019).

### 9.9 UNIDADE SANTO ANTÔNIO

A unidade está localizada ao norte e oeste municipal, em área drenada pela bacia hidrográfica do rio Camaquã, área de 104,94 km<sup>2</sup> ou 2,98% da área de Canguçu. É caracterizada por padrões de relevo em Planícies e, principalmente, Colinas com altitudes menores que 200 metros, formados, predominantemente, por elementos de relevo planos.

Encontra-se assentada sobre um substrato de Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná associado à Formação Sanga do Cabral, representada por arenitos

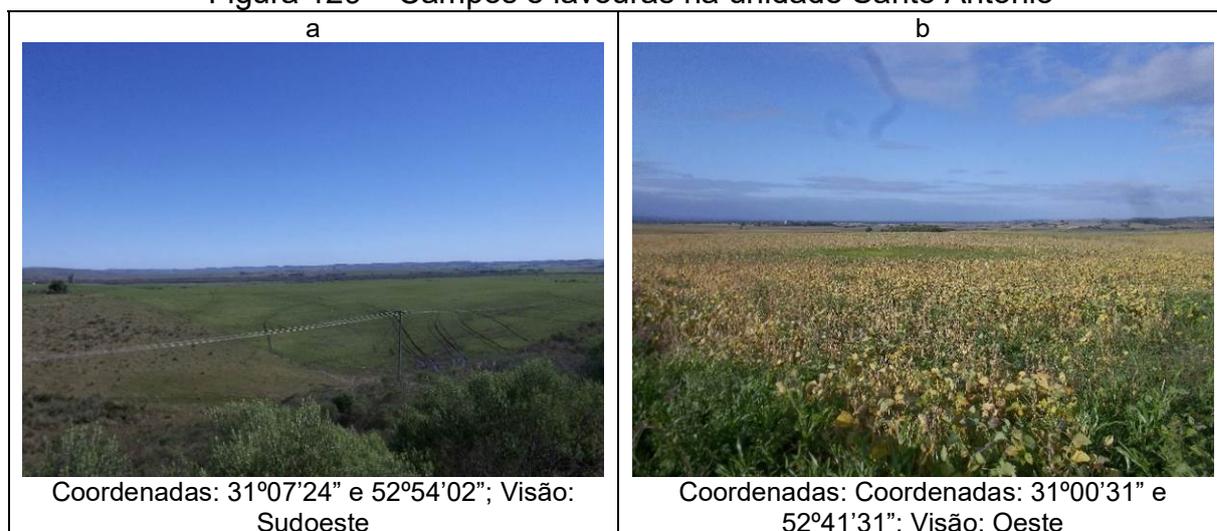
micáceos e com argila intergranular. Essa sedimentologia é aspecto peculiar entre as unidades geoambientais da área de estudo.

Apresenta solos bem desenvolvidos de cores vermelhas, raramente ultrapassam 1 metro de profundidade e apresentam mudança textural abrupta. Quando ocorrem argilo-mineral 2:1, são classificados como Luvisolos e argilo-mineral 1:1 nos Argissolos. Os solos na base das colinas e áreas mais planas sofrem hidromorfismo.

Há uma associação de campos e lavouras (Figura 129 a, b) predominando médias e grandes propriedades rurais, aspectos que se refletem na ocupação, que varia de baixa a média densidade.

As características do relevo e dos solos da unidade são importantes potencialidades para as práticas agropecuárias. Também há potencialidade importante quanto à paleontologia, visto a natureza litológica do seu substrato.

Figura 129 – Campos e lavouras na unidade Santo Antônio



Fonte: O autor (2019).

## 9.10 UNIDADE PRODUÇÃO

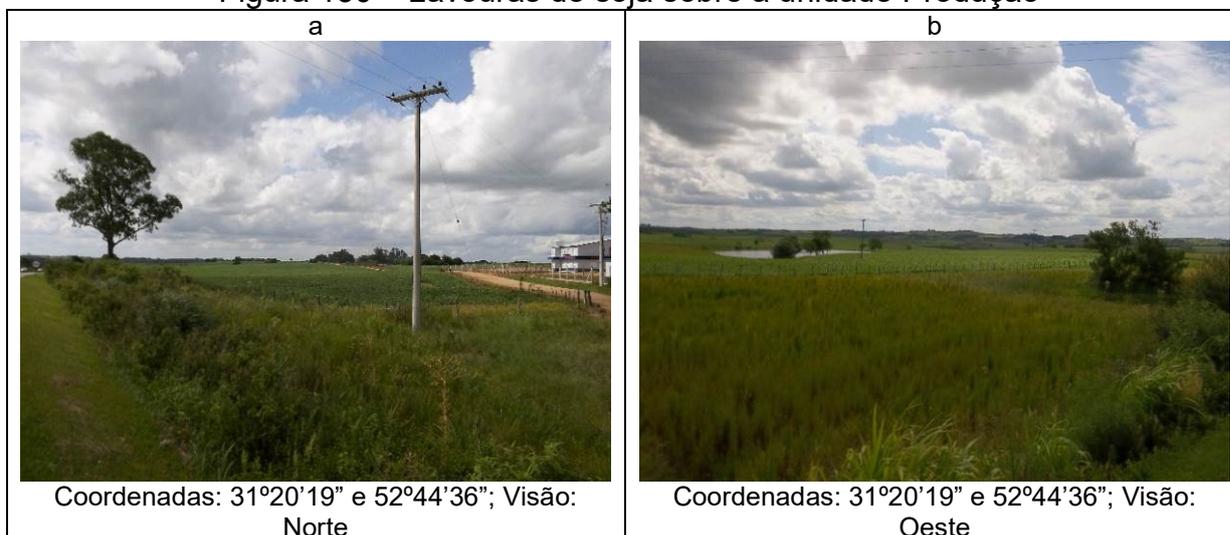
A unidade tem área de 249,76 km<sup>2</sup>, ou 7,08% da área do município, e está localizada, sobretudo, no centro e ao norte da área de estudo, sob influência da bacia hidrográfica do rio Camaquã.

O relevo é caracterizado por colinas e formado predominantemente por elementos planos, base da encosta, encosta e ressaltos, variando das maiores às menores altitudes.

Caracteriza-se por substrato, principalmente de Metagranitos, formando solos bem desenvolvidos do tipo Argissolos e solos mal desenvolvidos em porções associados a Granitos foliados.

Nessa unidade, situam-se médias e grandes propriedades rurais, com usos predominantes para lavouras, principalmente de soja (Figura 130 a, b), sendo predominantes média a baixa densidade ocupacional. Ocorre média densidade ocupacional nas áreas dos assentamentos Salso, Palmeira Perseverantes na Luta, Arroio das Pedras e Costa Mãe Terra. As atividades agrícolas são importantes na unidade e são potencializadas pelas características do relevo e solos.

Figura 130 – Lavouras de soja sobre a unidade Produção



Fonte: O autor (2020).

### 9.11 UNIDADE FAVILA

A unidade tem área de 163,60 km<sup>2</sup>, ou 4,64% da área de Canguçu, e é disseminada por toda área municipal, com maior presença no Primeiro Distrito. É caracterizada por vertentes convexas de relevo em Morros e principalmente Morrotes formado predominantemente por elementos em vales, encostas e cristas e altitudes entre 200 a 400 metros.

O substrato da unidade é formado por litologias graníticas compostas predominantemente por quartzo e feldspatos, resistentes ao intemperismo. A unidade predomina na porção de vertentes mais suaves onde os solos são bem desenvolvidos e permitem o estabelecimento de lavouras, principalmente o cultivo

do fumo, além de milho e soja (Figura 131 a, b). Também ocorrem lavouras, em menor proporção, em solos mal desenvolvidos.

Impulsionado pelas características sócio-históricas da localização da unidade, há importante potencial da agricultura familiar, o que influencia no predomínio da alta densidade ocupacional. A etnia alemã (pomeranos) é muito influente na unidade, aspecto que intensifica a atividade agrícola na Favila.

Figura 131 – Lavouras de milho, soja e fumo na unidade Favila



Fonte: O autor (2021).

## 9.12 UNIDADE POMERANO

A unidade está situada predominantemente ao leste da área de estudo, no Segundo Distrito, ocupando área expressiva da bacia hidrográfica do arroio Sapato, com 286,87 km<sup>2</sup>, ou 8,14% da área municipal.

Ocorre sobre um substrato de metagranitos, diferenciando-se da Favila, com altitudes que variam de 200 a 400 metros. Ocorrem padrões de relevo convexos em Morros e principalmente Morrotes caracterizados sobretudo por elementos em encostas, vales e cristas.

Os usos predominantes na unidade são as lavouras de fumo (Figura 132). Há predomínio da alta densidade ocupacional, provavelmente associado às características sócio-históricas dessa região do município, à localização da sede do assentamento Nova Sociedade II e à área do assentamento Arroio das Pedras.

A população predominante é da etnia alemã (pomeranos), caracterizando uma das áreas economicamente mais dinâmicas do município e relacionada à

agricultura familiar, que constitui potencial socioeconômico importante na unidade. No entanto, essa mesma prática pode acarretar a erosão do solo, visto as características do relevo. A Figura 133 apresenta uma síntese dos aspectos predominantes sobre as unidades geoambientais da área de estudo.

Figura 132 – Lavoura de fumo na unidade Pomerano (Coordenadas: 31°17'36" e 52°30'20"; Visão: Leste)



Fonte: O autor (2019).

Figura 133 – Aspectos predominantes nas unidades geoambientais

Unidade Geoambiental	Litologias	Relevo	Solos	Usos	Densidade ocupacional	Potencialidades	Suscetibilidades	Km <sup>2</sup>	(%)
Urbano	Granitos	Morrotos	Mal/Bem desenvolvidos	Urbano	Alta	Substrato granítico favorável para fundações da construção civil/ Serviços (comércio, saúde, educação)	Relevo ondulado com suscetibilidade erosiva/Erosão nas vias sem calçamento/Conta minação de nascentes fluviais	5,89	0,17
Cerros Florestados	Granitos	Morrotos/ Morros	Mal/Bem desenvolvidos	Arbóreo	Baixa	Presença de matas nativas e refúgio para flora e fauna	Relevo ondulado a fortemente ondulado com suscetibilidade erosiva	304,86	8,66
Reserva	Metagranitos	Morrotos/ Morros	Mal/Bem desenvolvidos	Arbóreo	Média/ Baixa	Vegetação arbórea nativa (corredores ecológicos)	Relevo ondulado a fortemente ondulado com suscetibilidade erosiva	262,06	7,43
Tradição	Granitos	Morrotos/ Morros	Mal/Bem desenvolvidos	Campos nativos	Baixa/ Média	Campos nativos próprios para criação bovina e ovina	Relevo ondulado a fortemente ondulado com suscetibilidade erosiva	889,38	25,23
Campos	Metagranitos	Morrotos/ Morros	Mal/Bem desenvolvidos	Campos nativos	Média/ Baixa	Atividade pecuária/Criação bovina	Relevo ondulado a fortemente ondulado com suscetibilidade erosiva	849,86	24,12
Fazendas	Granitos/ Metagranitos	Colinas	Bem/Mal desenvolvidos	Campos nativos	Baixa/Média	Relevo levemente ondulado/ Práticas agropecuárias	Áreas com concentração de terras	177,42	5,03
Silvícola	Granitos/ Metagranitos	Morros/ Morrotos	Mal desenvolvidos	Silvicultura	Baixa	Silvícola	Concentração de terras	61,09	1,73

<b>Unidade Geoambiental</b>	<b>Litologias</b>	<b>Relevo</b>	<b>Solos</b>	<b>Usos</b>	<b>Densidade ocupacional</b>	<b>Potencialidades</b>	<b>Suscetibilidades</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>(%)</b>
Várzeas	Depósitos Sedimentares	Colinas/ Planícies	Hidromórficos	Campos nativos/ Áreas úmidas/ Lavouras	Baixa/ Média	Relevo plano a levemente ondulado/ Disponibilidade de água	Áreas afetadas por cheias fluviais	168,93	4,8
Santo Antônio	Rochas Sedimentares	Colinas/ Planícies	Bem desenvolvidos/ Hidromórficos	Campos nativos/ Lavouras	Baixa/Média	Relevo plano a levemente ondulado/ Paleontologia	Erosão relacionada ao substrato e aos solos	104,94	2,98
Produção	Metagranitos/ Granitos	Colinas	Bem/Mal desenvolvidos	Lavouras	Média/Baixa	Relevo levemente ondulado/ Práticas agropecuárias	Processos erosivos laminares	249,75	7,08
Favila	Granitos	Morrotos/ Morros	Bem/Mal desenvolvidos	Lavouras	Alta	Agricultura familiar	Processos erosivos relacionados à intensa atividade agrícola	163,6	4,64
Pomerano	Metagranitos	Morrotos/ Morros	Bem/Mal desenvolvidos	Lavouras	Alta	Agricultura familiar	Processos erosivos relacionados à intensa atividade agrícola	286,86	8,13

Organização: O autor (2021).

## CAPÍTULO 10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese, foram analisadas uma série de informações que compõem o ambiente, o que permite apontar considerações importantes. É necessário destacar o uso de informações prévias e suas readequações, aspectos imprescindíveis para o objetivo da pesquisa, como foram os procedimentos com os solos e litologias.

A partir de um modelo digital de elevação e com apoio de geoprocessamento, fez-se a análise do índice de rugosidade do relevo e foram estabelecidos os padrões do relevo em Morros, Morrotes, Colinas e Planícies, condizentes com a proposta de trabalho. Da relação entre litologias e solos, obteve-se as unidades litopedológicas e uma discussão de relação entre esses dois atributos. Na caracterização geomorfológica, além dos atributos solos, litologias e padrões do relevo, considerou-se os *geomorphons* ou elementos do relevo e as características das vertentes, importantes nessa caracterização.

Alguns atributos do ambiente, como os dados climáticos (pluviométricos e de temperatura), drenagem e bacias hidrográficas, foram importantes como embasamento na caracterização geoambiental, principalmente na identificação de potencialidades e suscetibilidades ambientais.

A hipótese analisada na pesquisa, ou seja, o cruzamento automatizado dos elementos do ambiente que constituem unidades geomorfológicas e usos e coberturas da terra possibilitaram a identificação das unidades geoambientais. No processo, foi necessário o uso de filtros sobre o atributo dos usos e coberturas da terra, técnica importante para tornar o produto final condizente com a escala de representação da pesquisa. Mediante os processos automatizados, obtém-se diminuição das generalizações analógicas sobre os produtos finais.

Observaram-se importantes potencialidades ambientais no município, as quais precisam ser preservadas, como as coberturas arbóreas nativas que, por vezes, são densas e contínuas. Caracterizam importantes refúgios a flora e a fauna regionais, além de preservarem as nascentes e margens fluviais.

Foi observado que as maiores suscetibilidades ambientais existem sobre as áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado com solos Neossolos litólicos e com a presença de usos antrópicos; isso é notório onde há o cultivo do fumo e

demais cultivos típicos de agricultura familiar. Outrora, nessas áreas, era mais frequente a ocorrência de processos erosivos sobre esses ambientes, conforme observado em bibliografias consultadas para a pesquisa; no entanto, atualmente, essas questões são amenizadas, visto que há maior inserção de tecnologias, inclusive nas áreas com agricultura familiar.

Observou-se suscetibilidades em áreas levemente onduladas sobre litologias sedimentares e com ocorrência de solos Luvisolos. Nesses locais, foram observados processos erosivos lineares, processos também identificados sobre estradas não pavimentadas.

Conforme abordado na pesquisa, as áreas de relevo plano “mais desenvolvidas” eram destinadas a notáveis, formando os latifúndios, e as terras de relevo íngreme “pouco desenvolvidas”, doadas a imigrantes e futuros agricultores familiares. Esse fato pode ser observado na pesquisa, porque as áreas com maiores densidades ocupacionais e percentuais relativos de usos antrópicos estão principalmente sobre relevo de Morros e Morrotes e o contrário ocorre sobre as áreas de relevo plano e levemente ondulado.

Nesta tese, enfatiza-se a importância de trabalhos de campo na caracterização e no Zoneamento Geoambiental e a validação dos produtos obtidos em gabinete. Estes foram importantes para confirmar produtos pré-existentes quanto à readequação desses produtos com os objetivos da tese. Também se enfatiza a grandeza da familiaridade do pesquisador com a realidade estudada.

O produto final da pesquisa, o mapa geoambiental, caracteriza um produto adensado de informações analisadas na tese, tanto do ambiente físico quanto do social. Isso demonstra uma grandeza condizente ao avanço do conhecimento científico a fim de atender a uma visão sistêmica.

Além da contribuição com as discussões teóricas do tema, a pesquisa contribui com o conhecimento do ambiente local. Os produtos gerados nesta pesquisa podem ser úteis à sociedade local, através de inserção nos educandários e com o próprio planejamento socioambiental pelo poder público.

As unidades geoambientais são parâmetros para os gestores municipais tomarem decisões com respaldo científico. Pode-se destacar as unidades Cerros Florestados e Reserva indicadas para a preservação ambiental, e as unidades

Pomerano e Favila com potenciais econômicos, mas com suscetibilidades ambientais.

Das metodologias aplicadas na pesquisa, suscitam hipóteses importantes para averiguação em pesquisas futuras. Pode-se destacar a relação observada entre litologias e os tipos de usos e coberturas da terra, ou seja, em metagranitos, os usos antrópicos têm percentuais relativos mais significativos comparados às litologias graníticas. Essas observações puderam ser atestadas tanto do cruzamento dos usos e coberturas com unidades litopedológicas quanto com geomorfológicas.

A pesquisa foi realizada numa escala de representação média, de modo a ter havido generalizações do ambiente. Logo, esta pesquisa constitui subsídio importante para a realização de estudos de detalhe. Para tanto, seria ideal tomar os limites distritais como delimitações desses estudos e, em havendo informações disponíveis, agregar ao zoneamento dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) para ampliar a análise sobre os limites políticos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica. **Revista de Geomorfologia** (02), 55-67p, 2003.

AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia** 18. São Paulo: IGEOG-USP, 1969.

ÁB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALBUQUERQUE, E. L. S. **Análise geoambiental como subsídio ao ordenamento territorial do município de Horizonte/CE**. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2012. (Dissertação de Mestrado)

AMARAL, A. M. C. **Zoneamento Geoambiental do município de Casa Branca (SP)**. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2014. 141p. (Dissertação de Mestrado)

AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. Zoneamento ambiental, subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da Costa do Descobrimento. **Mercator**, Fortaleza, v.12, n.29, p.211-231, setembro/dezembro de 2013.

ANDRADE-OLIVEIRA, D. B.; BARROS-SANTOS, J.; RODRIGUES-MAIA, M.; OLIVEIRA, E.; MAIA-LIMA, E. Geoprocessamento aplicado a análise geoambiental no Município de Vitória da Conquista-Bahia. **Revista Geográfica de América Central**, Nº 60 ISSN 1011-484X, enero-junio 2018, pp. 329-348.

ANDREIS, R. R., BOSSI, G.E., MONTARDO, D. K. 1980. O grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31., Camboriú, 1980. **ANAIS**. Camboriú, SBG, v.2, p.659-673.

ARENDT, H. A. **A condição humana**. Rio de Janeiro: Forense universitária, 1987.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 365 - 391.

BANDEIRA, S. M. **A relação campo-cidade em Canguçu/RS: Repercussões do aumento do poder de consumo da juventude rural**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS-BR, 2017. (Tese de Doutorado)

BASTOS, C. A. B.; DIAS, R. D. Unidades Geotécnicas de solos de Porto Alegre. **Revista IG**. São Paulo, volume especial 1995. p.85-89.

BASTOS JÚNIOR, E. M.; SIQUEIRA, J. B.; ALMEIDA, J. A. P. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) em uma região de pediplano sertanejo no semi-árido nordestino, Nossa Senhora da Glória/SE. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

BENTO, Cláudio Moreira. **Canguçu reencontro com a história**: um exemplo de reconstituição de memória comunitária. 2. ed. Barra Mansa – RJ: ACANDHIS/Gráfica e Editora Irmãos Drumond Ltda, 2007.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental**: diferentes abordagens. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BEZERRA, M. Â.; ETCHEBEHERE, M. L. C; SAAD, A. R; CASADO, F. C. Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 28, n.4, p.425-440, 2009.

BEZERRA JÚNIOR, J. G. O.; SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**, Ano 23, Vol. 2-2007.

BITENCOURT, M. F.; NARDI, L. V. S. Tectonic setting and sources of magmatism related to the southern brazilian shear belt. **Revista Brasileira de Geociências**, v.30, n.2, p.184-187, 2000.

BOLÓS, M. C. de. Problemática actual de los estúdios de paisage integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona, v.15, p.45-68, 1981.

BORTOLINI, W; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Emprego de técnicas geomorfológicas na identificação de padrões de relevo. **Revista Ra'e Ga**, v. 41 Temático de Geomorfologia, 131-150, 2017. DOI: 10.5380/raega.v41i0.51724.

BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Divisão de Pesquisa Pedológica, Rio de Janeiro, 1973.

BRASIL, 2009. **Manual técnico de geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 nov. 1964. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/Leis/L4504.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L4504.htm)>. Acesso em: 11/09/2018.

BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

BRASIL, 2013. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L4771.htm)>. Acesso em: 11/09/2018.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 11/09/2018.

BRASIL. Lei nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/2002/D4297htm>>. Acesso em: 11/09/2018.

BRASIL. Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, instituindo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 de dez. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm)>. Acesso em: 13/08/2018.

CABRAL, T. L. **Zoneamento e mapeamento geoambiental no município de Sorriso-MT**. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2014. 131p. (Dissertação de Mestrado)

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CALDERANO, S. B. Estudo geoambiental do município de Bom Jardim – RJ, com suporte de geotecnologias: Subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 55-73, abr. 2010.

CALDERANO FILHO, B; POLIVANOV, H; BARROSO, E. V; GUERRA, J. T; CHAGAS, C. S; CALDERANO, S. B; CARVALHO JÚNIOR, W. Cartografia Geoambiental no médio alto curso do Rio Grande (RJ), subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas da serra do mar. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n.3, p.560-576, 2013.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (2ª edição, revista e ampliada, [online], disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>, [julho 2018].

CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S. Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Vol. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 1-17 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

CARRARO, C. C. **Mapa Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Sul**. FAPERGS – UFRGS/Instituto de Geociências. 1974, 1: 1.000.000.

CARRERA, A. C. V.; GUERRERO, J. A. H. Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. **Revista Geográfica de América Central**. Nº 60 ISSN 1011-484X, enero-junio, 2018 pp. 189–229.

CASSETI, V. (a) Compartimentação topográfica. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 08/12/2018.

CASSETI, V. (b) Estrutura superficial. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 08/12/2018.

CASSETI, V. (c) Fisiologia da paisagem. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 08/12/2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.415-442.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 93 - 147.

Companhia de Prospecção de Recursos Minerais do Brasil (CPRM). **Levantamento Litoestratigráfico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2008.

CORRÊA, C. V. S.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; BRESSANE, A.; CHAVES, C. J.; AMARAL, A. M. C.; BRITO, H. D.; MEDEIROS, G. A. Geo-environmental zoning using physiographic compartmentalization: a proposal for supporting sustainable decision-making. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 2017.

COTRIM, M. S. **'Pecuária familiar' na região da Serra do Sudeste' do Rio Grande do Sul**: um estudo sobre a origem e a situação socioeconômica do pecuarista familiar no município de Canguçu/RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. Porto Alegre, 2003. (Dissertação de Mestrado).

CRUZ, V. G. P.; GOMES, M.E.B. Granito Arroio Moinho: um estudo dos mecanismos de deformação. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 2016, Porto Alegre. **Anais 48 Congresso Brasileiro de Geologia, 2016.** p. 634-635.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S.; NUNES, M. L.; SOARES, M. J. e COSTA, C. N. **Estudo dos solos do município de Canguçu.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT; Ed. UFPEL, 1997.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.415-442.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** 9º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

DE DAVID, C. **Estratégias de reprodução familiar em assentamentos:** limites e possibilidades para o desenvolvimento rural em Canguçu – RS. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2005. (Tese de doutorado)

DELLA JUSTINA, E. E. **Zoneamento Geoambiental da zona de amortecimento da reserva biológica do Jarú – RO,** como subsídio ao seu plano de manejo. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2009. 225f. (Tese de Doutorado)

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul:** um estudo em bacias hidrográficas. Porto Alegre: UFRGS, 2009. (Dissertação de Mestrado)

DE NARDIN, D; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: bacia hidrográfica do Arroio Miracatu. **Geografia,** Rio Claro, v. 34, n. 1, p. 163-181, janeiro/abril. 2009.

DE NARDIN, D; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento Geoambiental do oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacia hidrográfica em processo de arenização. Santa Maria, Artigo **Sociedade e Natureza,** 2010.

DIAS, R. L.; OLIVEIRA, R. C. Zoneamento Geoambiental do litoral sul do estado de São Paulo. **Geografia,** Rio Claro, v. 38, n. 2, p.371-383, mai./ago.2013.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Caracterização geoambiental dos sertões do Seridó potiguar como subsídio para o planejamento ambiental. **REVISTA GEONORTE,** Edição Especial 4, v.10, n.1, p.229-233, 2014.

DUTRA, E. J. S. **A PRODUÇÃO DE FUMO EM PERSPECTIVA**: A tipologia dos produtores de fumo no município de Canguçu, Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2015. (Tese de Doutorado)

DUTRA, D. S.; ROBAINA, L. E. S.; FURLAN, A. R. Análise geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Pantanoso, Canguçu/RS In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019. **Anais...** Fortaleza - Ceará, 2019.

DUTRA, D. S.; FURLAN, A. R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso – Canguçu/RS, através da proposta dos geomorphons. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.13, n.02 (2020) 713-726. Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbqfe>

EHLERT, E. **A silvicultura contribuindo para o desenvolvimento rural sustentável em propriedades rurais de Canguçu, RS**. UNISINOS, São Leopoldo, 2010. (Monografia de especialização).

EMBRAPA/UFPEL/INMET. **Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão)**. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/clima-de-pelotas/>> Acesso em: 14/01/2019.

FERNANDES, L. A. D.; TOMMASI, A.; VAUCHEZ, A.; PORCHER, C. C.; MENEGAT, R.; KOESTER, E. Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu: caracterização e importância na compartimentação tectônica do Cinturão Dom Feliciano. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 23(3):224-233, setembro de 1993.

FIGUEIRÓ, A. S. Tradição e mudança em geografia física: apontamentos para um diálogo interno. In: FIGUEIRÓ, A. S. e FOLETO, E. (org.) (2011). **Diálogos em geografia Física**. Santa Maria, Editora da UFSM, 17-43p.

FITZ, P. R. Uso de geotecnologias para o planejamento espacial. **Geografia**, Rio Claro, v. 33, n.2, p. 307-318, mai./ago. 2008.

FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORES, D. M.; OLIVEIRA, D. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para análise de bacias hidrográficas e para traçado de lineamentos estruturais. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 20 (2016), n.3, p. 125-139 ISSN: 2236-4994 DOI: 10.5902/2236499422544.

FRAGOSO-CÉSAR, A. R. S.; FIGUEIREDO, M. C. H.; SOLIANI JR., E.; FACCINI, U. F. O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/ Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBG, 1986. v.3, p.1322-1342.

FRITZONS, E.; CORREA, A. P. A. **O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão territorial.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

FURLAN, A. R.; DIAS, D. F.; TRENTIN, R. ROBAINA, L. E. S. Identificação das unidades geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Carijinho, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.19, n.4, (out-dez) p.807-820, 2018.

GALVÃO, V. **Análise geoambiental dos grandes rios aplicado ao potencial turístico e determinação da capacidade de carga turística:** estudo de caso alto curso do rio Paraná. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2013. (Tese de Doutorado)

GARÓFALO, D. F. T.; FERREIRA, M. F. M. Análise geoambiental de bacias hidrográficas situadas em áreas de transição urbano-rural: uma aplicação na bacia do Ribeirão do Pantano, Alfenas (MG). **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 38, n.1, p.141-155, jan./abr.2013.

GOMES, M. E. B. 1990. **Petrologia do Granito Arroio Moinho, Canguçu (RS):** geoquímica e deformação. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 199p.

GOMES, S. M. A.; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Compartimentação geomorfométrica de unidades de relevo das cartas MI 2726-4 e MI 2820-2 – Estado do Paraná. In: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016. **Anais...** Maringá - Paraná, 2016.

GRIGOLETTI, N. E. Evolução histórica da agricultura do município de Canguçu. In: BENTO, C. M. (Org.). **Revista dos 200 anos de Canguçu.** Comemorativa dos 200 anos de Canguçu, aos 500 anos do Descobrimento do Brasil e ao ingresso no Terceiro Milênio. Canguçu: Acandhis, 2000. p. 53 - 55.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 149 - 207.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE JUNIOR, F.; PHILIPP, R. P. Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. In: **50 ANOS de Geologia:** Instituto de Geociências. Contribuições / Editores Roberto Iannuzzi; José Carlos Frantz. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007. 399 p.

HARTMANN, L. A.; LEITE, J. A. D.; SILVA, L. C.; REMUS, M. V. D.; MCNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; FLETCHER, I. R.; SANTOS, J. O. S.; VASCONCELLOS, M. A. Z. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. ***Australian Journal of Earth Sciences***, v.47, p.829-844, 2000.

HASENACK, H.; WEBER, E. (ORGS.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS – IB – Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

HEIDEMANN, M. **Estudo dos solos de uma encosta instável em São José – SC: intemperismo e comportamento geotécnico**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em engenharia civil. Porto Alegre, 2015. (Tese de doutorado).

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n.69, v.01, p.14-47, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO ALTO PARAGUAÇU**. Ministério do Planejamento e Orçamento – Diretoria de Geociências – 1º Divisão de Geociências do Nordeste – DIGEO/NEI. Salvador, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. In: **Manuais Técnicos em Geociências – N°7**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais (Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim)**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, CD-ROM. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. In: **Manuais Técnicos em Geociências – N°7**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 3º edição. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000**. 2015. Disponível em: [<ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento-sistematico/base-vetorial-continua-escala-250mil/>](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento-sistematico/base-vetorial-continua-escala-250mil/) Acesso em: 10 dez 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de Solos do ano de 2013**. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/cartas-tematicas.html>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Banco de Dados Cidades@. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430450&search=rio-grande-do-sul|cangucu>>. Acesso em: 4 de Janeiro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430450&search=rio-grande-do-sul|cangucu>>. Acesso em: 4 de Janeiro de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA) – **Assentamentos**. Disponível em: <<http://www.certificacao.incra.gov.br/csv-shp/export-shp.py>>. Acesso em: 27/06/2020.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

KOHLER, H. C. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2002 (1), 21-31p.

KUMAR, S. Role of Geographical Information System (GIS) for Eco-city Planning: A Review. **G-Journal of Environmental Science and Technology** 2(3): (2014). p.29-38.

LIMA, F. J.; CESTARO, L. A.; ARAÚJO, P. C. Sistemas geoambientais do município de Crato/CE. **Mercator** – volume 9, número 19, 2010: mai./ago. p.129 a 142.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia** – v.15, n.2, jul./dez. 2006.

LISBOA, A. M. **Zoneamento Geoambiental aplicado ao planejamento da gestão ambiental e territorial do município de Colorado D'Oeste**. Rio Claro: 2008. (Tese de Doutorado)

MAIA, M. R. **Zoneamento Geoambiental do município de Vitória da Conquista/BA: um subsídio ao planejamento**. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2005. 169f. (Dissertação de Mestrado)

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica, In: GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

MARTH, J. D. **Mapeamento dos padrões de forma do escudo Sul-Riograndense (RS) com auxílio de geotecnologias:** um estudo das inter-relações dos processos morfoestruturais e morfoesculturais na conformação do relevo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2017. (Tese de Doutorado)

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento Geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**. Belo Horizonte 07(2) 68-80 julho-dezembro de 2011.

MECERJAKOV, J. P. – “Les Concepts de Morphostruture et de Morphosculture: um novel instrument de l’analyse geomorphologique.”, in **Annales de Geographie**, 77 e années 423, Paris, 1968.

MELFI, A. J. **Intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo.** Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1967. (Tese de doutorado)

MORAES, F. T. **Zoneamento Geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica.** Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 2007. 173 p. (Tese de Doutorado)

MOTA, A. T. Ensaio sobre a colonização alemã. In: BENTO, C. M. (Org.). **Revista dos 200 anos de Canguçu.** Comemorativa dos 200 anos de Canguçu, aos 500 anos do Descobrimento do Brasil e ao ingresso no Terceiro Milênio. Canguçu: Acandhis, 2000. p. 162 - 165.

MOURA, C. A.; MATTOS, J. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Mapeamento geoambiental como subsídio na determinação de áreas de instabilidades da faixa de dutos Osvat/Osplan – São Sebastião, SP. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 30, n. 4, p. 611-629, 2011.

NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B.; SOUZA, M. J.; CRUZ, M. L. B. Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semi-árida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia – Goiás – Brasil, v.28, n.1, p.41./62, jan./jun. 2008.

OHARA, T. JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. MATTOS, J. T. CAETANO, N. R. Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de geociências**, Volume 33, 2003. p.173-182.

OLIVEIRA, G. P.; DINIZ, M. T. M. Esboço de caracterização fisiográfica e compartimentação geoambiental do município de São Bento/PB. **XXI Encontro Estadual de Geografia do Rio Grande do Norte – XXI EGEORN**, 2015.

ONTIVERO, M.; MARTÍNEZ, V. J.; GONZÁLEZ, C. V.; ECHAVARRÍA, P. Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica. **GeoFocus** (Artículos), nº 8, 2008, p. 251- 280, ISSN: 1578-5157.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 9º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PILACHEVSKY, T. **Zoneamento Geoambiental do município de São João da Boa Vista (SP)**. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2013. (Dissertação de Mestrado)

PINTON, L. G.; CUNHA, C. M. L. Zoneamento Geoambiental e funcional da área urbana do município de Cubatão-SP. **Geografia**, Rio Claro, v. 37, n.3, p. 525-540, set./dez. 2012.

PONS, N. A. D.; PEJON, O. J. Aplicação do SIG em estudos de degradação ambiental: o caso de São Carlos (SP). **Revista Brasileira de Geociências**. Volume 38(2): 295-302, junho de 2008.

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 9º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PHILIPP, R. P. **A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. Universidade de São Paulo (Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica). São Paulo, 1998. (Vol. I). Tese de doutorado

PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Suítes Graníticas do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: petrografia, tectônica e aspectos petrogenéticos. **Revista Brasileira de Geociências**, volume: 31(3):257-266, setembro de 2001.

PHILIPP, R. P., NARDI, L. V. S. & BITENCOURT, M. F. **O Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul**. In.: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (Editores). Geologia do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/ UFRGS. 2000. P. 133-60.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANGUÇU - PMC/RS. Disponível em: <<http://www.cangucu.rs.gov.br/site/home/pagina/id/108/?Localizacao.html>>. Acesso em: 04/01/2019.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a terra**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

PUREZA, J. B. **O desgaste do solo e suas consequências sobre a agricultura familiar na localidade do Rincão dos Rossales em Canguçu/RS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Ciências Econômicas. São Lourenço do Sul/RS, 2013. (Trabalho de Conclusão de Curso).

RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento Geoambiental do município de Cacequi, Rio Grande do Sul. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 85-104, jan./abr. 2018.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 65 p.

REHBEIN, M. O.; DUTRA, D. S. MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS. **Estudos Geográficos**, Rio Claro. 2020, 18, e13844 (ISSN 1678—698X) <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo>

ROBAINA, L. E. S. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: Ferramentas para Planejamento e Gestão**, A sustentabilidade da região da Campanha-RS: práticas e teorias a respeito das relações entre ambiente, sociedade, cultura e políticas públicas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Departamento de Geociências, 226 pág, 2010.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.17, n.2, (Abr-Jun) p.287-298, 2016.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. Application of the geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **Revista Ra'E Ga Curitiba**, v.41 Temático de Geomorfologia, p.37-48, Ago/2017.

RODRÍGUEZ, A. L.; LOZANO-RIVERA, P.; SIERRA-CORREA, P. C. Critérios de zonificación ambiental usando técnicas participativas y de información: Estudio de caso zona costera del Departamento del Atlántico. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras** – Vol. 41(1), Santa Marta, Colombia, 2012, p.61-83.

RODRIGUES, L. P. LEITE, E. F. Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Acôgo/MS. **GEOAMBIENTE ON-LINE**, Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG/REJ, Graduação e Pós-Graduação em Geografia-Jataí-GO, Nº31, 2018. Site: <<http://www.revistas.ufg.br/geoambiente>>

ROSS, J. L. S. O registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevô. **Revista do departamento de Geografia**, n. 6, FFLCH/USP, São Paulo, 1992, p.17-29.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCHUSP, n. 8. 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9ªed. São Paulo: Contexto, 2014.

SAMPAIO, T. V.M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.47-60, 2014.

SANTOS, J. T.; SOUZA, M. J. N. Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos. ISSN: 1984-8501 **Boletim Goiano de Geografia (Online)**. Goiânia, v. 34, n. 2, p. 215-232, maio/ago. 2014.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Características geoambientais de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Nordeste, Brasil. **Geografia em questão**, v.08 n.02, 2015, p.27-42.

SANTOS, L. J. C; OKA-FIORI, C; CANALLI, N. E; FIORI, A. P; SILVEIRA, C. T; SILVA, J. M. F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. Volume 37, n.4, dezembro de 2007. p.812-820.

SATO, S. E. **Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém - Baixada Santista (SP)**. Rio Claro: 2012. (Tese de Doutorado)

SCHIRRMANN, S. F. S. S.; CASANOVA, V. G. B.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; KOHLER, M. R. O uso de SIG na classificação das unidades de relevo do município de Toropi - RS. In: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016. **Anais...** Maringá - Paraná, 2016.

SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Estudo geoambiental na geografia e sua importância como base para o planejamento e ordenamento territorial. In: 7º Seminário de Mestrado em Geografia, 2011, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria, 2011. P. 442-468.

SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento Geoambiental em municípios do Rio Grande do Sul: município de Agudo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v.31, n.1, p.93-102, 2012 a.

SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Estudo Geoambiental na Geografia e Sua Importância Como Base para o Planejamento e Ordenamento Territorial. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FIGUEIREDO, L. C. (Orgs.). **Fronteiras da Pesquisa em Geografia**. Santa Maria: UFSM, 2012 b.

SCHIRMER, G. J. **Zoneamento Geoambiental da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul**. 2015. 253 p. Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. (Tese de Doutorado)

SCOTI, A. A. V. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada-RS: potencialidades e suscetibilidades**. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2015. (Dissertação de Mestrado)

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. Brasília, 2007.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Levantamento Litoestratigráfico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2008.

SILVA, S. F. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de lógica fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do rio do Peixe**. São Carlos/SP, 2005. (Tese de Doutorado)

SILVA, J. X. Geomorfologia e geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.393-414.

SILVA, S. R. R, CHAVES, I. B., E.; ALVES, J. J. A. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Açude Camará-PB. **GeoFocus** (Artículos), nº 11, 2011, p. 226-248. ISSN: 1578-5157.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.87-101, 2014.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo aplicada à cartografia geomorfológica da porção central da serra do mar paranaense. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.17, n.4, (Out-Dez) p.615-629, 2016.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Classificação automatizada de elementos de relevo por meio da aplicação da proposta dos geomorphons na bacia do rio Jacareí (estado do Paraná – Brasil). In: XII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2018. **Anais...** Crato - Ceará, 2018.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.19, n.1, (Jan-Mar) p.33-57, 2018.

SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010. (Tese de Doutorado)

SIMIONI, J. P. D.; GUASSELLI, L. A. Banhados: abordagem conceitual. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 30, p. 33-47, set. 2017.

SINDICATO DE TRABALHADORES RURAIS. O Sindicato de Trabalhadores Rurais (O Maior da América Latina). In: BENTO, C. M. (Org.). **Revista dos 200 anos de Canguçu**. Comemorativa dos 200 anos de Canguçu, aos 500 anos do Descobrimento do Brasil e ao ingresso no Terceiro Milênio. Canguçu: Acandhis, 2000. p. 58 - 59.

SOARES, F. M. Diagnóstico geoambiental da bacia do Litoral no Ceará. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, ano 06, número 11, 2007.

SOTCHAVA, V. B, - **O estudo dos geossistemas**, Instituto de Geografia, USP, métodos em questão, n. 16, p. 1-51, 1977.

SOUZA, M. L.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Diagnóstico geoambiental da bacia do córrego Tenente em Mariluz, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 38(2), 2008.

SOUZA, C. M. P.; FONTES, E. O.; MOREAU, A. M. S. S. Zoneamento Geoambiental e transformações da paisagem dos municípios Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália-BA. **Revista Geografia Acadêmica** v.5, n.2 (2011), p. 41-53.

SOUZA, T. A.; CUNHA, C. M. L. Representação da paisagem através da carta de unidades geoambientais em áreas litorâneas. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 105-119, set./dez. 2014.

STRECK, E. V.; FLORES, C. A.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3ed., Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2018.

TAVARES, A. C. Mudanças climáticas. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 6º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

TINÓS, T. M.; FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; ZAINÉ, J. E. Aplicação e avaliação de metodologia de classificação automática de padrões de formas semelhantes do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n.3, (Jul-Set) p.353-370, 2014.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e Formação do Solo. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2ª ed. São Paulo: IBEP Editora Nacional-Conrad, 2009. p.139-166.

TRAVALINE, V. **Zoneamento Geoambiental do município de Bertioga/SP**. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2012. (Dissertação de Mestrado)

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu** – Oeste do Rio grande do Sul – Brasil – Curitiba, 2011. (Tese de Doutorado)

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para mapeamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul. **Anais** do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v.15, n.3, p.53-66, jul./set., 2016.

TROPMAIR, T. H. GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

VALERIANO, D. M. **Processamento digital de dados do MSS-Landsat aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do rio Tubarão, S.C.:** metodologia e estimativa de exatidão de classificação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1984. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, set./dez. 2003.

VELOSO, A. A importância do estudo das vertentes. **Geographia**, v.4, n.8, p1-5, 2002.

VENTURI, L. A. B. O papel da técnica no processo de produção científica. In: VENTURI, L. A. (org.). **Praticando a geografia:** Técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

VERSTAPPEN, H. T. (2011) Old and New Trends in Geomorphological. In: Smith, M. J; Paron, P. & Griffiths, J.S. (2011) **Geomorphological Mapping: methods and applications**. 1º Edição, Vol.16. Elsevier p.13-26.

VICENTE, L. E. PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n.3, p. 323-344, set./dez. 2003.

VIERA, V. **Município de Canguçu/RS:** O relevo e sua morfodinâmica como condicionantes do dinamismo agrícola. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2012. (Tese de Doutorado)

ZAMANI, A.; FARAH, S.; BOOSTANI, R.; HASSANI-SAAD, H. geoenvironmental zoning evaluation and optimization. **Earth Sci Inform**, 2014. p.583-593.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitive Analysis of Land Surface Topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.

WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. da C.; IGLESIAS, C. M. da F. **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul**: Escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM, 2008. 1 DVD. Programa Geologia do Brasil; Mapas geológicos Estaduais.