

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESCUDO
SUL-RIO-GRANDENSE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS.**

DANILO DA SILVA DUTRA

Pelotas, junho de 2016

DANILO DA SILVA DUTRA

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESCUDO
SUL-RIO-GRANDENSE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia do Instituto de Ciências
Humanas da Universidade
Federal de Pelotas, como
requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Moisés Ortemar Rehbein

Pelotas, Junho de 2016

DANILO DA SILVA DUTRA

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS**

Dissertação _____, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em geografia, do Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: ____/____/____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moisés Ortemar Rehbein (orientador) – UFPel
Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo-USP

Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon – UFPel
Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/ Rio Claro)

Prof. Dra. Simone Emiko Sato
Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/ Rio Claro)

Agradecimentos

À Deus, por permitir a realização dessa etapa tão importante;

A minha família, pelo incentivo;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Moisés Ortemar Rehbein, pelo aceite, dedicação, e muita compreensão;

Aos professores da banca, pela dedicação em examinar esse trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPEL;

A UFPEL, pelo ensino público;

Ao Allan, pelas contribuições junto ao laboratório de Geoprocessamento da UFPEL;

Ao Anderson Rodrigo Estevam da Silva, pelas contribuições na área das geotecnologias;

Ao Fabio Castilhos Arruda dos Santos, também pelas contribuições na área das geotecnologias;

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram na realização desse trabalho.

Resumo

DUTRA, D. S. **Mapeamento geomorfológico da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS**. 2016. 139f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

A ciência que tem como objeto de estudo o relevo é a Geomorfologia. Ela pode ser estudada de muitas formas e fins, entre os quais, pelo mapeamento geomorfológico, a partir do qual podem ser apresentados diagnósticos e prognósticos ambientais. O mapeamento geomorfológico é o objetivo da presente pesquisa, direcionada para área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS. Para elaboração da pesquisa, destacam-se enquanto embasamento teórico-metodológico, autores como Ab' Saber (1969), Ross (1992; 2014), Florenzano (2008) e Rehbein (2011). Foram feitos as delimitações das feições de relevo da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas; também a caracterização dos dados morfogenéticos e morfocronológicos; a caracterização e representação cartográfica dos dados morfológicos (morfométricos e morfográficos) e a caracterização das morfodinâmicas do relevo. De modo a atender os objetivos destacados realizaram-se revisões bibliográficas para compreensão do quadro genético-evolutivo do relevo da área de estudos. Também destacam-se a organização de um banco de dados de cartografia de base, necessário à elaboração dos produtos cartográficos, bem como, à elaboração do mapa de usos e coberturas da terra. Por fim, através de trabalhos de campo, foram identificadas e caracterizadas as morfodinâmicas do relevo. Assim, constatou-se que predominam na área de estudo padrões em morros e planícies alveolares, destacando-se também o mapeamento de 1587 cabeceiras de drenagens. Aspecto relevante a destacar, são os processos erosivos laminares de ocorrência sobre os morros e morrotes, predominantemente. Observou-se também o assoreamento dos canais fluviais em consequência da queda de taludes de margens fluviais desprovidas de vegetação ciliar. Por fim, considera-se a presente pesquisa, um recurso para alertar a comunidade local sobre os impactos ambientais que os cercam, além de servir de base para políticas de planejamento. Além disso, espera-se dessa pesquisa pelos produtos produzidos, contribuir com os estabelecimentos de ensino do município de Pelotas e região, fornecendo informações mais detalhadas da geomorfologia local.

Palavras-chave: morfocronogêneses do relevo; morfologias do relevo; morfodinâmicas do relevo; mapeamento geomorfológico; Pelotas/RS.

Abstract

DUTRA, D. S. **Geomorphological mapping of the influence área of the Sul-Riograndense Shell in the city of Pelotas/RS.** 2016. 139p. Dissertation (Master's Degree in Geography. Postgraduate Studies in Geography Program. Human Science Institute, Federal University of Pelotas. Pelotas, 2016.

The science that has the relief as its object of study is the Geomorphology. It can be studied in many ways, including the geomorphological mapping, from which can be provided diagnostics and ambiental prognostics. The geomorphological mapping is the objective of this research, which is directed to the influence área of the Sul-Riograndense Shell in the city of Pelotas/RS. To the elaboration of this essay, stand out as theoretical and methodological basement, authors as Ab'Saber (1969), Ross (1992, 2014), Florenzano (2008) and Rehbein (2011). The outlines of the relief features of the Sul-Riograndense Shell area of influence in the city of Pelotas were made; also the characterization of morphogenetic and morphocronological data; the characterization and cartographic representation of morphological data (morphometric and morphographic) and the characterization of relief's morphodynamic. In order to meet the outstanding objectives, were realized bibliographical reviews to understand the relief's genetic-evolutionary framework of the study area. Also includes the organization of a database of base cartography, necessary for the preparation of cartographic products, as well as the preparation of the map of use and land coverage. Finally, through field work, were identified and characterized the morphodynamics of the relief. Therefore, it was found that standarts on hills and alveolar plains predominate in this area of studies, also standing out the mapping of 1587 drainage headboards. One relevant aspect to highlight is the occuring of laminar erosion on the hills and hillocks, predominantly. There was also the siltation of river channels as a result of slope down riverbanks, devoid of riparian vegetation. Lastly, this research is consideredated a resource to alert the local community about the ambiental impacts that surround them, besides servins as basis for planning politics. In addition, it is expected from that research – by its produced products – that it contributes to educational establishments in the city of Pelotas and region, providing more detailed information about the local geomorphology.

Key-words: relief's morphocronogenesys; relief's morphology; relief's morphodynamics, geomorphological mapping; Pelotas/RS.

Lista de Figuras

Figura 1	Mapa de localização do município de Pelotas/RS.....	14
Figura 2	Esquema representativo das taxonomias do relevo.....	26
Figura 3	Composição colorida natural (1, 2, 3).....	35
Figura 4	Composição colorida "falsa cor" (4, 5, 3).....	35
Figura 5	Mapa das unidades morfoesculturais do Rio Grande do Sul.....	40
Figura 6	Unidades do Sistema Geodinâmica do Gondwana Oeste Neoproterozóico (a) incluindo mapa simplificado das associações petrotectônicas (b).....	41
Figura 7	Abertura do Oceano Adamastor.....	42
Figura 8	Fechamento do Oceano Adamastor, formação do Arco Magmático Oriental e abertura do Oceano Charrua.....	43
Figura 9	Colisão dos antigos continentes sul-americano e africano.....	44
Figura 10	Consolidação do Cinturão Dom Feliciano.....	45
Figura 11	Consolidação final do Cinturão Dom Feliciano.....	46
Figura 12	Mapa geológico do Batólito Pelotas com a separação das suítes graníticas.....	48
Figura 13	Vista da localização e do processo de evolução da PCRS.....	50
Figura 14	Mapa das unidades litoestratigráficas do município de Pelotas/RS.....	58
Figura 15	Normais climatológicas mensais e anual de temperatura da região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).....	63
Figura 16	Normais climatológicas mensais e anual de umidade relativa do ar (%) da região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão de Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).....	64

Figura 17	Normais climatológicas mensais e anual de precipitação (mm) da região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).....	64
Figura 18	Mapa hidrográfico do município de Pelotas/RS.....	68
Figura 19	Cachoeira do Arco Íris.....	70
Figura 20	Mapa dos solos do município de Pelotas/RS.....	74
Figura 21	Mapa dos usos e coberturas da terra da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.....	80
Figura 22	Dados relativos aos usos e coberturas da terra da área de estudos.....	81
Figura 23	Mapa de anáglifos do município de Pelotas/RS.....	83
Figura 24	Mapa de elementos topográficos do município de Pelotas/RS.....	85
Figura 25	Distribuição percentual das classes hipsométricas do município de Pelotas/RS.....	86
Figura 26	Distribuição percentual das classes clinográficas do município de Pelotas/RS.....	87
Figura 27	Mapa hipsométrico do município de Pelotas/RS.....	88
Figura 28	Mapa clinográfico do município de Pelotas/RS.....	89
Figura 29	Informações percentuais dos padrões de formas semelhantes de relevo na área de estudos.....	92
Figura 30	Mapa de padrões de formas semelhantes de relevo na área de influência do Escudo Cristalino no município de Pelotas/RS.....	93
Figura 31	Meteorização do regolito no morro do complexo granítico-gnaíssico Pinheiro, Metagranitóides Foliados (Pinheiro Machado).....	100
Figura 32	Baixa vertente de relevo provido de materiais colúvio-eluvionares.....	102
Figura 33	Material aluvionar em planície alveolar.....	103

Figura 34	Mapa de compartimentos de relevo em planícies da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.....	105
Figura 35	Mapa de compartimentos de relevo em colinas da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.....	106
Figura 36	Mapa de compartimentos de relevo em morrotes da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.....	107
Figura 37	Mapa de compartimentos de relevo em morros da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.....	108
Figura 38	Cenário da enchente de janeiro de 2009 na Sanga da Maleta - afluente do Arroio Quilombo.....	111
Figura 39	Reportagem sobre o desastre de janeiro de 2009.....	112
Figura 40	Evolução de uma cabeceira de drenagem sobre morro da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Serra do Herval, constituindo curso de água efêmero.....	121
Figura 41	Processos erosivos laminar e linear no morro do Granito Arroio Moinho.....	125
Figura 42	Diversificados usos e coberturas do solo sobre o morro do Complexo granito-gnaíssico Pinheiro, Metagranitóides Foliados (Pinheiro Machado).....	126
Figura 43	Áreas de preservação ambiental em meio a áreas de cultivo no morro do Complexo granito-gnaíssico Pinheiro, Metagranitóides Foliados (Pinheiro Machado).....	127
Figura 44	Mapa geomorfológico da área de estudos.....	128

Lista de Quadros

Quadro 1	Direção predominante do vento na região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).....	65
Quadro 2	Atualização das nomenclaturas das classes de solos de predominam na área de estudos, e respectivas características.....	75-76
Quadro 3	Quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de estudos.....	82
Quadro 4	Informações da hipsometria do município de Pelotas/RS.....	84
Quadro 5	Informações das classes clinográficas da área do município de Pelotas/RS.....	87
Quadro 6	Informações quantitativas dos padrões de formas semelhantes da área de estudos.....	92
Quadro 7	Registros fotográficos ilustrativos das unidades de relevo mapeadas na área de estudos.....	94-95
Quadro 8	Registros fotográficos ilustrativos das unidades de relevo mapeadas na área de estudos.....	95-96
Quadro 9	Quadro morfocronológico e morfogenético das unidades de relevo da área de estudos.....	97
Quadro 10	Registros fotográficos e breves descrições acerca de campos de matações sobre morros.....	101
Quadro 11	Quantificação das unidades de relevo de acordo com os dados morfocronogenéticos da área de estudos.....	109
Quadro 12	Registros fotográficos e breves descrições acerca de episódios de inundações ocorridos na área de estudos.....	113
Quadro 13	Registros fotográficos e breves descrições acerca de episódios de inundações ocorridos no alto curso do arroio Pelotas.....	114

Quadro 14	Registros fotográficos e breves descrições acerca de solapamentos de margens fluviais sobre a área de estudos.....	115
Quadro 15	Registros fotográficos e breves descrições acerca de solapamentos em altos cursos de canais fluviais da área de estudos.....	116-117
Quadro 16	Registros fotográficos e breves descrições acerca de áreas úmidas sobre planícies da área de estudos.....	117-118
Quadro 17	Registros fotográficos e breves descrições acerca de erosões lineares em unidades de morros e morrotes da área de estudos.....	119
Quadro 18	Registros fotográficos e breves descrições acerca de voçorocamentos em morros da área de estudos.....	120
Quadro 19	Registros fotográficos e breves descrições acerca de corpos d'água represados em área de morro.....	122
Quadro 20	Registros fotográficos acerca de áreas com solo exposto devido à extração de rochas no morrote do complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados (Pinheiro Machado).....	123
Quadro 21	Registros fotográficos e breves descrições acerca de erosão laminar em morro da área de estudos.....	124

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos da pesquisa.....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
2 METODOLOGIA.....	19
2.1 Referencial teórico-metodológico.....	19
2.2 Metodologia operacional.....	29
2.2.1 Revisões bibliográficas.....	30
2.2.2 Técnicas cartográficas.....	30
2.2.2.1 Estruturação de um banco de dados de cartografia de base.....	30
2.2.2.2 Cartografia de dados morfológicos do relevo.....	32
2.2.2.3 Mapeamento dos usos e coberturas da terra.....	33
2.2.3 Trabalhos de campo.....	36
2.2.4 Mapeamento geomorfológico.....	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
3.1 Evolução geológica regional.....	38
3.1.1 Escudo Sul-Rio-Grandense.....	39
3.1.2 Planície Costeira do Rio Grande do Sul.....	49
3.1.2.1 Sistemas de leques aluviais.....	51

3.1.2.2 Sistemas de laguna-barreira.....	52
3.2 Elementos condicionantes do relevo da área de estudos.....	55
3.2.1 Geologia.....	55
3.2.2 Clima.....	61
3.2.2.1 Eventos climáticos extremos.....	65
3.2.3 Hidrografia.....	67
3.2.4 Pedologia.....	72
3.2.5 Usos e coberturas da terra.....	79
3.3 Cartografia de dados morfológicos do relevo da área de estudos...	82
3.3.1 Padrões de formas semelhantes do relevo: elementos morfológicos.....	82
3.3.2 Compartimentos de relevo: elementos morfocronogenéticos e morfológicos.....	96
3.4 Morfodinâmicas do relevo da área de estudos.....	110
3.4.1 Morfodinâmicas do relevo sobre as planícies.....	113
3.4.2 Morfodinâmicas do relevo sobre os morros, morrotes e colinas.....	118
3.5 Mapeamento geomorfológico do relevo da área de estudos: método, produto e síntese da pesquisa.....	127
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS.....	133

1 INTRODUÇÃO

O município de Pelotas está localizado no sul do estado do Rio Grande do Sul (RS) e, no contexto do estado, ocupa área de expressiva dimensão física, 1.610,084 Km² (IBGE, 2015). Em seu território, também limitando o mesmo, desenvolve-se uma rede hidrográfica de significativa importância ecológica e social, da qual cabe destacar os cursos fluviais dos Arroios Pelotas, Santa Bárbara, Contagem, Corrientes, o Canal São Gonçalo e a Lagoa dos Patos.

O município conta com uma população estimada de 342.053 habitantes (IBGE, 2015). Economicamente, destaca-se em atividades de serviços e agropastoris. Segundo dados sistematizados pela Prefeitura Municipal de Pelotas (2015, n.p), a partir de dados do IBGE (2010), a região do município de Pelotas “[...] é a maior produtora de pêssego para a indústria de conservas do país, além de outros produtos como aspargos, pepino, figo e morango.”

Além desses dados, e conforme fonte supracitada, o município de Pelotas

“[...] responde por aproximadamente 28% da produção de arroz do Estado, 10% da produção de grãos, 16% do rebanho bovino de corte, e detém a maior bacia leiteira, com a produção de 30 milhões de litro/ano, além de possuir expressiva criação de cavalos e ovelhas (28% do rebanho de eqüinos e 30% da produção de lãs)”. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2015, n.p).

Político-administrativamente, o município de Pelotas apresenta limites com sete municípios e três corpos lagunares. Ao sul faz limites com o Canal São Gonçalo e Rio Grande; ao leste com a Lagoa dos Patos e Lagoa Pequena; ao norte com Turuçu, São Lourenço do Sul e Canguçu; ao oeste

com Morro Redondo e Capão do Leão e por fim o município de Arroio do Padre inserido entre os limites administrativos de Pelotas. Na Figura 1 temos a localização do município de Pelotas, onde se insere a área de estudos.

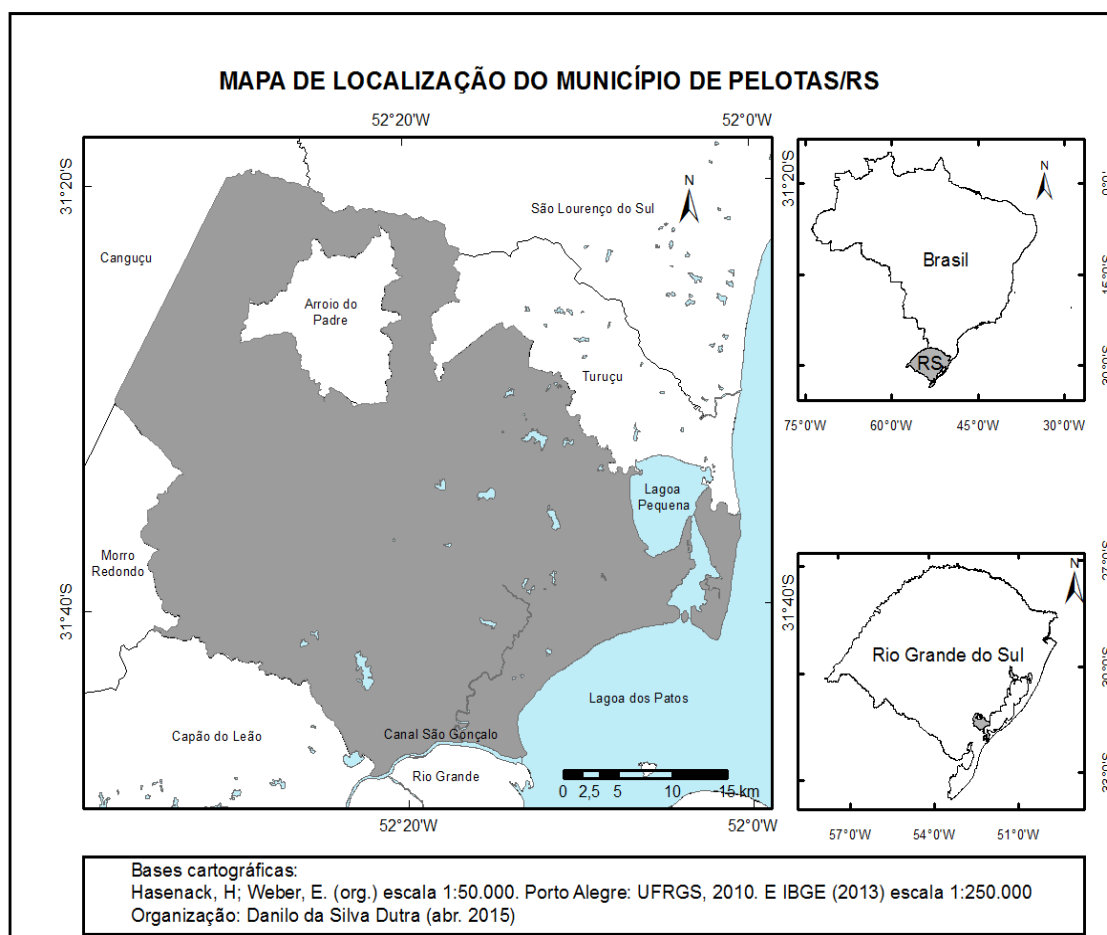


Figura 1: Mapa de localização do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: o autor, 2015.

Como brevemente destacado, o município possui em seu território importantes características físicas e socioeconômicas, um importante sistema hidrológico e variados usos e coberturas da terra, cujas interações resultam em transformações na dinâmica ambiental. Essas transformações requerem atenção, a fim de mitigação de impactos ambientais. Disciplinar a ocupação territorial é premissa básica na mitigação desses impactos.

O disciplinamento, a ordenação territorial, dá-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, dentre elas, o relevo.

A ciência que tem como objeto de estudo o relevo é a Geomorfologia. Esta ciência analisa as formas de relevo focalizando estudos nas características morfológicas, nos materiais componentes, nos processos atuantes, nos fatores controladores e nas dinâmicas evolutivas. Compreende estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas, (CHRISTOFOLETTI, 2009).

Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, os tipos de relevo podem oferecer, para as sociedades, níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, sobretudo, da ação social, (MARQUES, 2009). Conforme 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. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, ou da ação do homem, (MARQUES, 2009, p. 25).

Vemos que o conhecimento das formas do relevo é necessário, pois toda a sociedade e os seres vivos em geral se relacionam diretamente com as mesmas. Nesse sentido, justifica-se o conhecimento de suas características e peculiaridades não só para conhecer estabilidades e ou vulnerabilidades, mas também para conhecer e aproveitar suas potencialidades.

É cada vez mais cabível, necessário e justificável a realização não só de diagnósticos, mas principalmente de prognósticos ambientais, pois as questões ambientais estão cada vez mais salientes no dia a dia de todos os seres humanos. É nesse sentido, que o cabedal de informações trazidas pelo mapeamento geomorfológico, se faz útil.

No contexto das aplicações da ciência do relevo se destaca o mapeamento geomorfológico. Este “[...] se constitui num dos principais métodos e produtos da pesquisa geomorfológica” (RODRIGUES, 1997, p. 88). A existência de um plano de informações, representado pelo mapeamento geomorfológico, contribuirá, seguramente,

[...] para a elucidação de problemas erosivos e deposicionais que, porventura, venham a ocorrer em áreas de grande extensão, assim como viabilizará, mediante entrecruzamento com outros mapeamentos temáticos, a elaboração de cenários ambientais, como por exemplo, áreas de instabilidade de taludes e de erodibilidade, e ainda áreas de riscos de movimento de massa e inundação. Além disso, os mapas geomorfológicos podem fornecer subsídios à instalação de obras viárias e à localização de rejeitos sépticos, entre outros. (ARGENTO, 2009, p. 367).

Ainda acerca das possibilidades de aplicação do conhecimento geomorfológico e de acordo com Christofolletti (2009, p. 419), aponta que os estudos geomorfológicos podem ser aplicados “[...] no planejamento do uso do solo rural, no uso do solo urbano, nas obras de engenharia, no planejamento ambiental, na pesquisa de recursos minerais e recuperação de áreas degradadas por mineração e na classificação de terrenos.”

De acordo com Christofolletti (2009), a partir de dados de cartografia topográfica e declividade do terreno faz-se a identificação de áreas promissoras e impróprias a implantação de atividades agrícolas. “O mapeamento dos locais e áreas de riscos morfogenéticos representa instrumento para se avaliar uso agrícola e a aplicação das técnicas de contenção dos movimentos de massa”. (CHRISTOFOLETTI, 2009, p.421).

A identificação de áreas adequadas ou não à implantação de atividades agrícolas, a partir de outros objetivos, é o que também se almeja às áreas urbanas. Entretanto, a essas áreas Christofolletti (2009, p. 422) propõe análise geomorfológica ambiental a partir de duas frentes “[...] analisar os componentes do sistema ambiental físico [...] e “[...] analisar a vulnerabilidade das áreas urbanizadas, em face dos azares naturais (terremotos, maremotos, ciclones e tufões, enchentes, secas, deslizamentos, etc.).

Outra abordagem que o mapeamento geomorfológico pode estar subsidiando é o planejamento na execução de obras de engenharia de modo a “[...] suplantando os empecilhos advindos da morfologia e dos processos morfogenéticos”, (CHRISTOFOLETTI, 2009, p. 425). Conforme exemplos apresentados pelo autor supracitado, destacam-se subsídios a instalações em áreas litorâneas, obras em canais fluviais e as obras ligadas às redes de transporte.

No intuito do planejamento ambiental, o mapeamento geomorfológico pode ser aplicado diante de duas linhas de tratamento.

Uma linha de tratamento consiste em assinalar a grandeza integrativa na escala espacial, local ou regional. A segunda, em procurar discernir categorias específicas, como na identificação e avaliação dos azares naturais, na avaliação dos impactos ambientais e na avaliação dos recursos ambientais (cênicos, por exemplo). (CHRISTOFOLETTI, 2009, p.426-427).

Como é sabido, as atividades de mineração geram impactos ambientais difíceis de reversão. Nesses casos, o conhecimento geomorfológico é necessário para além de identificação de áreas que apresentam riquezas minerais, também como subsídio a revitalização de áreas já degradadas com aquelas atividades.

Nesse sentido, “Os procedimentos de reabilitação ambiental devem estar baseados na perspectiva geomorfológica e levar em consideração os mecanismos interativos entre as formas de relevo e os processos morfogenéticos”, (CHRISTOFOLETTI, 2009, p. 430).

Além do mais, o conhecimento geomorfológico apresenta utilidade multidisciplinar podendo ser somado ao conhecimento produzido por outras ciências afins como a geologia, agronomia, engenharia ambiental, gestão ambiental entre outras.

Como observado, são diversas as aplicações dum mapeamento geomorfológico. Este, pois, apresenta-se como objeto desta pesquisa, direcionada para área do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas.

Nesse intuito foi realizada ampla revisão bibliográfica, destacando-se a evolução geológica-geomorfológica regional, no intuito de compreender a morfogênese e a morfocronologia da área de estudos. Destaca-se também o estudo de condicionantes geomorfológicos como as análises do clima, hidrografia, solos e dos usos e coberturas da terra.

Concomitante a realização das revisões bibliográficas, foi organizado o banco de dados de cartografia de base, a partir do qual foram produzidos os diversos produtos cartográficos apresentados na pesquisa.

A partir da análise do banco de dados cartográficos, e das revisões bibliográficas, apresenta-se a compartimentação dos padrões de formas semelhantes do relevo da área de estudo. Por fim, através de trabalhos de campo, foram averiguadas as possíveis morfodinâmicas do relevo.

A sobreposição das informações produzidas ao longo da pesquisa viabilizam a construção do mapa geomorfológico. É importante destacar que esse trabalho faz parte de um projeto maior, o qual visa o mapeamento geomorfológico do município de Pelotas.

1.1 Objetivos da pesquisa

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal da pesquisa consiste em estruturar um mapeamento geomorfológico para área do Escudo Sul-Rio-Grandense inserido no município de Pelotas/RS. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de objetivos específicos, fundamentalmente:

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Identificar e delimitar a área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no relevo do município de Pelotas/RS;
- b) Caracterizar e representar cartograficamente os dados morfogenéticos e morfocronológicos do relevo;
- c) Caracterizar e representar cartograficamente os dados morfológicos (morfométricos e morfográficos) do relevo;
- d) Caracterizar os dados morfodinâmicos do relevo;

2 METODOLOGIA

2.1 Referencial teórico-metodológico

A geomorfologia tem como objeto de estudo “as formas de relevo” (Marques, 2009). Para Florenzano (2008, p. 11), “A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, sua gênese, composição (materiais) e os processos que nelas atuam”. Na visão de Christofolletti (2009, p.415),

A geomorfologia analisa as formas de relevo focalizando suas características morfológicas, materiais componentes, processos atuantes e fatores controlantes, bem como a dinâmica evolutiva. Compreende os estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas.

Em síntese e de acordo com Florenzano (2008), a geomorfologia estuda a morfologia, morfogênese, morfocronologia e a morfodinâmica, conceitos que ao longo do texto serão caracterizados.

Podemos contextualizar a geomorfologia como um ramo da ciência geográfica e que o conhecimento produzido vem conquistando espaço no meio acadêmico e se constituindo numa ciência autônoma.

A partir de ideário geográfico e no intuito de realizar estudos sobre o relevo, necessariamente temos que empregar certas metodologias. O uso destas, certamente encaminhará para a produção de mapas a contemplar os mais diversos aspectos e naturezas geomorfológicas. A sobreposição desses mapas resulta no produto final, o mapa geomorfológico.

Para alcançar êxito numa pesquisa geomorfológica, e o resultado que é a geração de um mapa geomorfológico, necessita-se escolher e percorrer caminhos. Assim e de acordo com Argento (2009) e Ross (2014), destacam-se: os objetivos, intenções e possibilidades do autor da pesquisa; os tipos de

escalas mais adequadas; o referencial teórico metodológico; os instrumentos metodológicos e tecnológicos disponíveis, entre outros aspectos.

A partir de breve discussão sobre o objetivo de estudo, cabe caracterizar os fundamentos que alicerçam pesquisas sobre o relevo.

Realizando revisões teórico metodológicas sobre a questão, encontra-se visões diferentes e, as vezes, complementares por parte dos autores, com as questões atinentes ao estudo do relevo.

Para alicerçar pesquisa, Ab'Saber (1969), propõe o entendimento do relevo a partir de três níveis diferentes e complementares, que são: a compartimentação da topografia regional, o levantamento da estrutura superficial e a fisiologia da paisagem.

Esses três níveis de tratamento do relevo identificados por Ab'Saber (1969), foram aprofundados por Caseti (2014, c, d, e), o qual, ainda utilizou como embasamento os seis níveis taxonômicos propostos por Ross (1992), e que também serão discutidos e caracterizados ao longo do capítulo.

Por compartimentação topográfica regional compreende-se como a delimitação de uma parte da superfície da terra com características em comum. Dentro desse nível, é possível a descrição e caracterização de cada uma das formas de relevo encontradas em cada compartimento identificado, (AB' SABER, 1969).

Caseti (2014, c, p.02), define 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.

Conforme Caseti (2014, c), a compartimentação topográfica corresponde a individualização de um conjunto de formas do relevo que apresentam características em comum, resultante de fatores morfoclimáticos (fatores externos) e morfocronogênese (fatores internos) equivalentes.

A título de exemplo, Caseti (2014, c), traz a forma de relevo característica de pediplano, que é resultado em um primeiro momento, da evolução geológica de atividade epirogenética positiva seguida de estágio de estabilidade. Isso irá favorecer os processos morfoclimáticos (processos

erosivos) e a respectiva suavização da forma daquele tipo de relevo, assim formando o pediplano.

A identificação dos processos morfogenéticos envolvidos, como os processos morfoclimáticos, são os condicionantes necessários à identificação e caracterização da compartimentação do relevo e suas respectivas formas.

Conforme Casseti (2014, c), o estudo da compartimentação topográfica justifica-se não apenas para o entendimento da paleogeografia, mas também e principalmente como subsídio à ocupação humana sob as diferentes formas do relevo, portanto, a escala do tempo histórico.

Nesse contexto, considera-se a compartimentação topográfica como subsídio para dois aspectos, para o conhecimento das potencialidades e também das vulnerabilidades do relevo.

Por vulnerabilidade, na perspectiva geomorfológica, entende-se a suscetibilidade erosiva do relevo, tanto em condições naturais quanto prognosticáveis em função de determinados usos ou ocupações, tendo o compartimento topográfico como suporte ou recurso. A potencialidade, conforme o próprio nome indica, refere-se a determinadas individualidades que podem ser racionalmente apropriadas para fins específicos, como a destinação de áreas portadoras de depósitos de cobertura com fertilidade natural às atividades agrícolas, ou ainda morfologias especiais, como as cársticas e falhadas, voltadas a explorações turísticas (CASSETI, 2014 c, p. 3).

Em síntese, entende-se por compartimentação topográfica a individualização das grandes unidades morfoestruturais e respectivas compartimentações. As grandes unidades morfoestruturais são: crátons, bacias sedimentares e cinturões orogênicos.

Dentro desse contexto de compreensão do relevo, apresenta-se a segunda taxonomia, a estrutura superficial, que corresponde a compreensão e caracterização da compartimentação topográfica em estudo, a partir da caracterização de cada uma de suas formas. Compreendendo a estrutura superficial, através de observações geológicas e geomorfológicas das feições antigas e recentes, obtêm-se idéia da morfocronologia das respectivas formas bem como da compartimentação onde se situam.

Nesse sentido, conforme Ab'Saber (1969, p.02), “[...] obtêm-se ideias da cronogeomorfologia e as primeiras proposições interpretativas sobre a sequência dos processos paleo-climáticos e morfoclimáticos quaternários da área em estudo”.

A identificação das formas e idade referente a estrutura superficial, de acordo com Ab'Saber (1969), pode ser feito através da observação das feições antigas e recentes do relevo e da observação geológica dos depósitos.

De acordo com Caseti (2014, d), a estrutura superficial 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, 2014, d, p.1).

Estrutura superficial difere de estrutura geológica. A estrutura superficial “[...] refere-se a forma de jazimento dos depósitos correlativos em superfície, diferindo do conceito de estrutura geológica, cujos depósitos originários foram litificados ao longo do tempo, perturbados ou não por atividades tectônicas (CASSETI, 2014, d, p.1).

De forma mais objetiva, o termo estrutura superficial compreende os processos erosivos e os depósitos correlativos mais atuais provenientes da alteração química e física das rochas. Essa taxonomia do relevo compreende desde depósitos de ocorrência local quanto regional. (CASSETI, 2014, d).

A compreensão da estrutura superficial justifica-se como método para compreensão da história evolutiva do modelado bem como, é um estudo que favorece nas decisões sobre a ocupação das formas do relevo.

Na condição de subsídio para compreender o modelado, fundamenta-se no argumento de que a compreensão do presente é a chave para o passado, e no intento de subsídio a gestão do território, dimensionando potencialidades e vulnerabilidades do terreno.

A concretização do estudo da estrutura superficial, só pode ser considerado através do acréscimo de observações de campo, por meio de coleta direta de amostras do substrato, e a partir do uso de técnicas adequadas e amostras de solo, Caseti (2014, d).

Seguindo nesse nível de proposição metodológica sobre o entendimento do relevo, apresenta-se o terceiro nível taxonômico que corresponde a fisiologia da paisagem, a qual, pode ser definida como o estudo dos “[...] processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua

plena atuação[...]”, (AB'SABER, 1969, p. 02). Ainda, esse mesmo autor diz que

[...] ao invés de estudar os resultados cumulativos dos eventos quaternários incluídos na estrutura superficial da paisagem, pretende-se observar a funcionalidade atual e global desta mesma paisagem (dinâmica climática e hidrodinâmica). (AB' SABER, 1969, p. 02).

Intuitivamente para compreender essa taxonomia do relevo, Ab' Saber (1969), destaca que o pesquisador deve estar embasado em alguns conhecimentos como: “[...] a sucessão habitual do tempo, a atuação de fatos climáticos não habituais, a ocorrência de processos espasmódicos, a hidrodinâmica global da área, e, ainda, levando-se em conta os processos biogênicos, químicos inter-relacionados”. (AB'SABER, 1969, p. 02).

Ressalta-se, contudo, que o conhecimento da fisiologia da paisagem é a mais complexa de operacionalização entre as três taxonomias identificadas nesse item. Conforme Ab'Saber (1969), essa taxonomia compreende atividades de campo, uso e aplicação de equipamentos e técnicas específicas, além de certas peculiaridades como realização de trabalhos de campo após acontecimentos pluviométricos. Conforme o autor em destaque, a fisiologia da paisagem,

[...] pressupõe recursos técnicos, equipamentos [] análises demoradas e observações de processos em plena atividade tais como: no momento da chuva, em todos os tipos de precipitações, períodos de cheias, durante as vazantes, no decorrer de todas as estações, épocas de grandes distúrbios climáticos, e até mesmo em eventuais ocasiões de incidência de processos espasmódicos (AB'SABER, 1969, p. 05).

Trazendo a contribuição de Casseti, (2014 e, p. 05), a taxonomia em discussão corresponde:

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

Na visão do autor supracitado, a fisiologia da paisagem compreende aos processos atuais da dinâmica do relevo que estão relacionados a interferência do homem no ambiente. Embora a fisiologia da paisagem seja relacionada aos processos e mecanismos atuais do relevo, Casseti (2014, e), salienta que essa taxonomia é precavida do entendimento dos níveis taxonômicos precedentes, a topografia regional e a estrutura superficial.

Aspecto a destacar, refere-se a natureza de estudo dessa taxonomia. De acordo com Casseti (2014, e) a fisiologia da paisagem é a que mais se aproxima do objeto de estudo da ciência geográfica pelo fato de levar em consideração a ação do homem na dinâmica do relevo.

Ainda conforme o autor supracitado, à medida que se avança nos níveis taxonômicos identificados por Ab'Saber (1969), torna-se indispensável a aplicação de trabalhos de campo. Em especial, com a taxonomia da fisiologia da paisagem essa técnica é obrigatória tendo em vista que objetiva a dinâmica atual do relevo.

O referido trabalho de campo necessita ser realizado através de método bastante complexo e ao menos em uma compartimentação topográfica previamente definida pelo pesquisador, Casseti (2014 e).

Nesse sentido, e de forma bastante objetiva Casseti (2014, e, p. 4), enfatiza que:

O estudo da fisiologia da paisagem pressupõe um bom entendimento da compartimentação topográfica e da estrutura superficial. Mas para entender melhor os processos, é fundamental enfocar ainda, os principais elementos do clima (suas intensidades e frequências), a situação da cobertura vegetal e a modalidade de uso do solo.

Ainda no campo do entendimento do relevo e dentro de abordagem equivalente, torna-se imprescindível a discussão e caracterização dos níveis taxonômicos propostos por Ross (1992).

O autor supracitado aprimorou as propostas colocadas por outros autores como Gerasimov (1946); Penck (1953); Demek (1967); Mecerjakov (1968); Mescherikov (1968) e o projeto RADAMBRASIL.

Dentro do nível de compartimentações do relevo identificados por Ross (1992), a primeira taxonomia compreende as unidades morfoestruturais e como exemplo, destacam-se as bacias sedimentares, escudos antigos e os dobramentos modernos. É importante destacar que esses níveis taxonômicos propostos por Ross (1992), apresentam-se em ordem genético cronológica.

O segundo nível taxonômico compreende as unidades morfoesculturais, as quais, segundo Ross (1992), apresentam-se inseridas em cada uma das unidades morfoestruturais. Como exemplo de unidades do relevo pertencentes a esse nível taxonômico, e de acordo com Ross (1992),

menção-se: planaltos em patamar, planaltos e chapadas de cimeira e as depressões periféricas, entre outros exemplos.

Avançando no entendimento das taxonomias, chega-se ao terceiro nível taxonômico, o qual, Ross (1992), define como padrões de formas semelhantes do relevo. Designa-se assim, por serem formas de relevo muito equivalentes em suas aparências, pois há uma associação conjunta de tais formas encontradas dentro das unidades morfoesculturais em que apresentam morfocronogênese equivalente. A exemplo de formas dessa taxonomia do relevo, destacam-se: padrão em formas tabulares, padrão em colinas, padrão em morros e serras (ROSS, 1992).

Dentro de cada padrão de formas semelhantes encontram-se as unidades individualizadas de formas de relevo ao que denomina-se de quarto táxon (ROSS, 1992). A exemplo de formas de relevo pertencentes ao quarto táxon, destacam-se:

As formas de relevo desta categoria tanto podem ser as de agradação tais como as planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres entre outros ou as de denudação resultantes do desgaste erosivo, como colinas, morros, cristas, enfim, formas com topos planos, aguçados ou convexos". (ROSS, 1992, p. 19-20).

Seguindo essa metodologia de classificação taxonômica do relevo, chega-se ao quinto e sexto níveis taxonômicos. O primeiro corresponde ao tamanho e as formas das vertentes de cada uma das formas individualizadas contidas em cada um dos padrões de formas semelhantes do relevo, (ROSS, 1992).

Nessa taxonomia apresentam-se a identificação e caracterização das formas de relevo. Essas formas identificam-se a partir da nomenclatura dado as vertentes, sendo: vertentes convexas, côncavas e retilíneas.

Quanto à última taxonomia do relevo, conforme Ross (1992, p. 20), "[...] corresponde às formas menores produzidas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos atuais". Dentre as formas, destacam-se:

[...] voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bancos de sedimentação atual, assoreamentos, terracetes de pisoteio, frutos dos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidos pelo homem. Pode-se citar ainda as formas antrópicas como corte, aterros, desmontes de morros entre outros (ROSS, 1992, p. 20).

A fim de ilustração e de forma sintética, na Figura 2, apresenta-se esquema elaborado por Ross (1992), acerca dos níveis de tratamento do relevo.

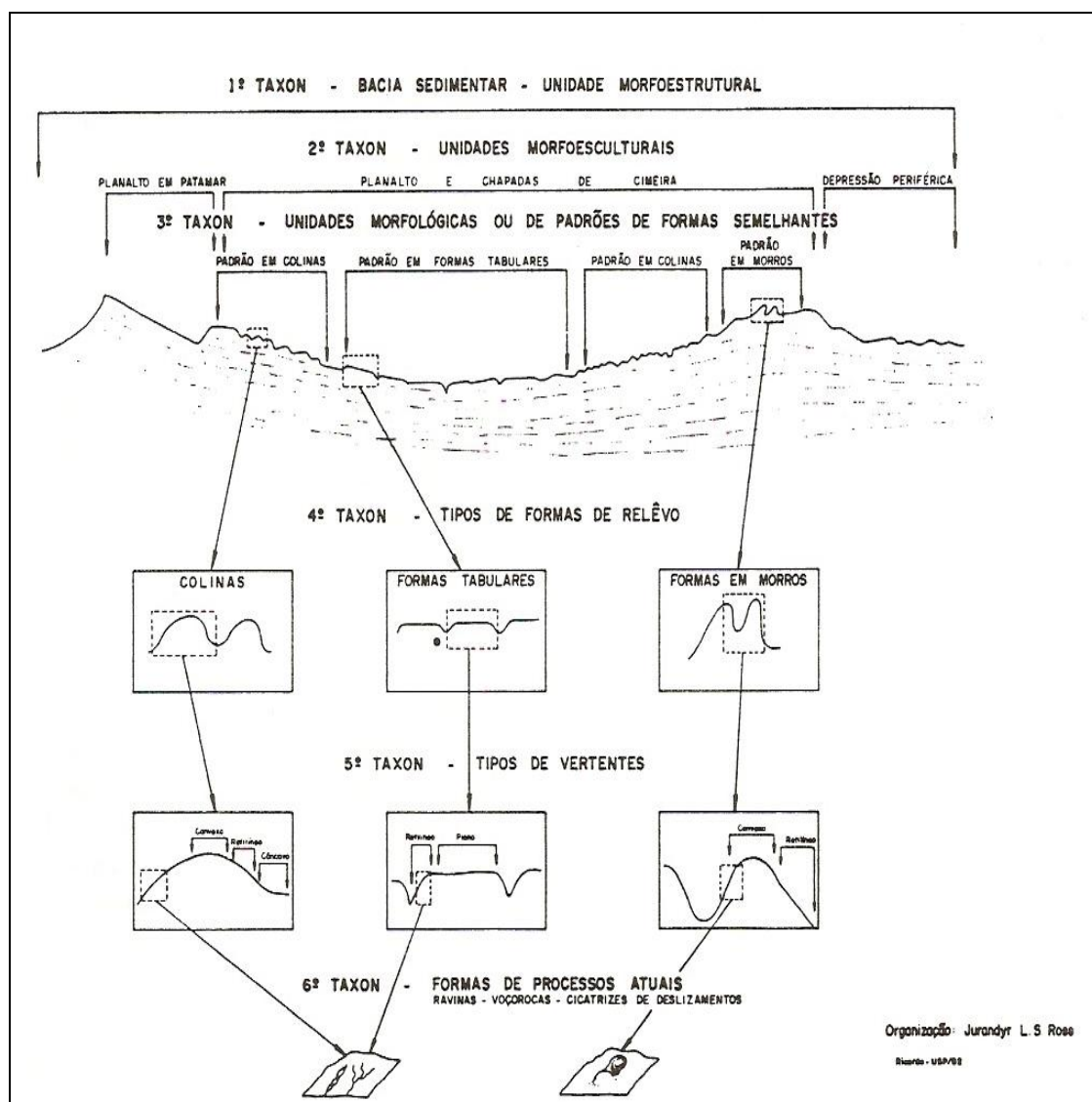


Figura 2: Esquema representativo das taxonomias do relevo.

Fonte: Ross, 1992, p.22.

Adaptação: o autor, 2015.

Assim, destacam-se ideário de autores que no Brasil, são considerados referência básica no estudo do relevo. Considera-se que os autores mencionados são unânimes, para compreender o relevo deve-se procurar compreender da origem, aos processos atuais do modelado terrestre.

Os conteúdos abordados nesse capítulo dizem respeito ao estudo do relevo em que objetiva-se o mapeamento geomorfológico. Para tanto, é

necessário definir os conteúdos que o mapa ou carta geomorfológica devem apresentar. Nesse sentido, Tricart (...); apud Ross (2014, p. 55), compactua com a ideia de que a carta geomorfológica deve ser produzida de modo a contemplar determinadas naturezas geomorfológicas.

[...] que as cartas geomorfológicas detalhadas devem compor-se de dados de quatro naturezas diferentes: **1. Dados morfométricos**, obtidos a partir da carta topográfica; **2. Informações morfográficas** – que devem ser registradas no mapa através de símbolos [...]; **3. Dados morfogenéticos** – as formas registradas no mapa através de símbolos devem indicar sua gênese, como terraço fluvial, planície fluviolacustre, etc. o símbolo deve dar ao mesmo tempo a informação descritiva e genética. **4. Cronologia** – a idade das formas também deve ser estabelecida, distinguindo-se as formas funcionais das formas herdadas (paleoformas). **[grifo nosso]**

Na discussão sobre os conteúdos de abordagem de uma carta geomorfológica e no mesmo sentido de proposição elencado por Tricart (...), apresentam-se as proposições da União Geográfica Internacional.

[...] a subcomissão da União Geográfica Internacional, para assuntos de geomorfologia, estabeleceu que as cartas geomorfológicas devem conter informações sobre as formas, a gênese, a idade e as tendências atuais da evolução e, portanto, as indicações morfométricas, morfográficas, morfogenéticas e morfocronológicas, (ROSS, 2014, p. 55).

De acordo com Ross (2014), há unanimidade entre os geomorfólogos quanto ao conteúdo ao que os mapas geomorfológicos devem abordar e representar. De acordo com esse autor, “Independentemente da maneira de representação gráfica que pode divergir entre as diversas linhas de trabalho, o fato é que em geral os mapas devem informar sobre os tipos de formas de relevo, gênese e idade”. (ROSS, 2014, p. 57).

Ainda, a cerca do conteúdo de abordagem dos mapas geomorfológicos, para que possam ser designados enquanto tais, Torres et al. (2012, p. 288), pontua aspectos equivalentes, enfatizando a questão das morfodinâmicas do relevo. Para esse autor:

O mapeamento do relevo deve contemplar os atributos estruturais (base geológica), morfográficos (formas do relevo), morfométricos (aspectos de sua métrica, como declives predominantes, amplitude altimétrica, grau de dissecação), morfodinâmicos (processos erosivos, deposicionais etc.) e cronológicos (referentes à idade).

Por outro lado, conforme Ross (2014), questão que permeia o mapeamento geomorfológico é a inexistência de unanimidade metodológica

para a sua organização, pois existem muitas variantes nesse aspecto. Sobre isso, destacam-se;

[...] a produção dos mapas geomorfológicos está a mercê de interesses diversos, de acordo com suas finalidades: de natureza metodológica; quanto aos objetivos e finalidades específicas; quanto ao tipo de material disponível para execução do trabalho; e quanto à escala de tratamento, (ROSS, 2014, p.57).

No intuito de atenuar essa problemática, de modo a evitar a sobrecarga de informações na representação cartográfica, Ross (2014), propõe que o pesquisador deve definir previamente os objetivos, metodologia e escala da pesquisa, fato levado em consideração na presente pesquisa.

Destaca-se assim, a caracterização metodológica sobre a compreensão do modelado terrestre e dos conteúdos de abordagem do mapeamento geomorfológico. A seguir são apresentadas definições para morfologia (morfografia e morfometria), morfogênese, morfocronologia e morfodinâmica.

De acordo com Florenzano (2008), a morfologia se caracteriza pela morfografia e a morfometria. “A morfografia refere-se aos aspectos descritivos (ou qualitativos) do relevo, representados pela sua forma e aparência, como, por exemplo, plano, colinoso, montanhoso.” (FLORENZANO, 2008, p. 12).

Entre as formas de relevo que se apresentam como pertencentes a morfografia e de acordo com a autora supracitada, destacam-se alguns exemplos: depressões, planícies, planaltos, montanhas, chapadas, tabuleiros, escarpas, serras, morros, morrotes, colinas, terraços, entre outros.

No que diz respeito a representação simbólica e as respectivas nomenclaturas destes elementos morfométricos, Ross (2007) apud Rehbein (2011, p. 84-85), “[...] destaca a importância, além da representação das tipologias de relevo, sempre que possível, da indicação de sua origem, como, por exemplo, a indicação de escarpa de falha ao invés de simplesmente escarpa”.

Quanto aos aspectos morfométricos e conforme coloca Florenzano (2008, p. 17),

[...] refere-se aos aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis relacionadas a: medidas de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, inclinação

(declividade), curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas”.

Quanto a representação dessas formas no mapa e em suas respectivas legendas, e de modo a evitar uma sobrecarga de informações inviabilizando sua leitura e potencial didático, Casseti (2014 b, p.3), ressalta que alguns dados relativos a morfometria como: “[...] a declividade das vertentes, a hierarquização da rede hidrográfica, dentre outros, podem ser apresentados à parte, em uma representação cartográfica específica”.

Outro conteúdo de abordagem refere-se a morfogênese, que de acordo com Florenzano (2008, p. 19), “[...] refere-se à origem e ao desenvolvimento das formas de relevo, as quais são resultantes da atuação dos processos **endógenos e exógenos**”. (grifo do autor)

Outra natureza dos estudos geomorfológicos é a morfodinâmica cuja definição de acordo com Florenzano (2008, p. 23), “[...] refere-se aos processos atuais (ativos) endógenos e exógenos que atuam nas formas de relevo”.

Por fim, destacamos a morfocronologia, a qual sua definição de acordo com Florenzano (2008, p. 24), “[...] refere-se à idade, absoluta e relativa, das formas de relevo e aos processos a ela relacionados”.

Em síntese, de acordo com Ross (2014, p. 54), o mapeamento geomorfológico “[...] é ao mesmo tempo o instrumento que direciona a pesquisa e quando concluído deve representar uma síntese como produto desta”.

2.2 Metodologia operacional

A partir de abordagem teórico metodológica sobre entendimento do relevo, cabe mencionar o aparato de ferramentas e técnicas existentes e necessárias ao seu estudo, a exemplo do que se propõe a presente pesquisa.

Cabe destacar que a maior parte das informações que caracterizam o relevo, e principalmente sobre a morfologia, podem ser extraídos das cartas topográficas. Conforme Torres et al. (2012) essas informações podem estar representando feições de relevo, drenagem e de cultura sintetizados na carta através de pontos, linhas e polígonos.

Além da grande quantidade de informações possíveis de serem extraídas das cartas topográficas pela observação das curvas de nível, tem havido o aparecimento de ferramentas que auxiliam no melhoramento e precisão das pesquisas geomorfológicas.

Conforme Argento (2009), hoje há uma variada gama de ferramentas disponíveis, entre as quais, destacamos: o geoprocessamento, a cartografia computadorizada, os hardwares e softwares, o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Portanto é cada vez mais completo o cabedal de informações a disposição dos estudos geomorfológicos, que contribui para sua precisão.

Ainda assim, deve-se ressaltar que as novas tecnologias por si só não são suficientes para uma boa pesquisa na ciência geomorfológica. É imprescindível o conhecimento da base geomorfológica por parte do pesquisador, pois as novas tecnologias por si só não produzem o conhecimento pretendido, devemos utilizar essas ferramentas na condição de auxílio aos estudos geomorfológicos (Argento, 2009).

Após breve discussão metodológica, apresentam-se nos itens que se seguem, os passos seguidos para operacionalizar a pesquisa que hora se apresenta.

2.2.1 Revisões bibliográficas

Como de praxe, acerca de cada assunto a ser estudado, busca-se num primeiro momento realizar uma revisão de literaturas afins com as diversas temáticas em questão. Foram realizados levantamentos de dados de cartografia geomorfológica, da evolução geológica-geomorfológica regional, pedologia, clima, hidrografia e dos usos e coberturas da terra.

2.2.2 Técnicas cartográficas

2.2.2.1 Estruturação de um banco de dados de cartografia de base

Compreendeu o levantamento de dados vetoriais georreferenciados, estruturando o banco de dados cartográficos. Utilizaram-se dados do IBGE (2013), relativos aos limites municipal e distritais de Pelotas e dados do projeto “Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010)”, relativos à cartografia de base

(curvas de nível, pontos cotados, hidrografias perenes e intermitentes e estradas). Selecionaram-se dados de cartografia de base que inseridos nos limites político administrativos municipais de Pelotas e entorno.

Na estruturação do banco de dados cartográficos, a fim de se adicionarem informações, também foi realizado coleta de dados através de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e de Sensoriamento Remoto, mediante fotointerpretação, a partir de estereoscopia de aerofotos, e interpretações de imagens de satélites.

A partir de fotografias aéreas do município de Pelotas datadas do ano de 1953 numa escala aproximada de 1:50.000, que georreferenciadas e em meio digital, adicionadas em pares no aplicativo *Stereo Photo Maker* (versão 5.06), produziram-se os anáglifos. Estes, adicionados a um programa de geoprocessamento e georreferenciados, dispõem a visualização do relevo em três dimensões (3 D). Destaca-se que durante a estereoscopia, utilizou-se de óculos 3 D. Para maiores detalhes, consultar Souza e Oliveira (2012).

Quanto ao processo de ortorretificação de fotografias aéreas, processo recomendado para o trabalho com as mesmas, não foi realizado. Isso, porque no processo anáglifo há uma amenização de eventuais distorções.

Sobre o fato em questão, Souza e Oliveira (2012, p. 1354), dizem que “(...) as fotografias aéreas apresentam distorção em suas bordas (...)”, mas que “(...) sua parte central é a que melhor apresenta a realidade do terreno”. Os anáglifos são produzidos a partir da sobreposição das partes iguais de duas fotografias aéreas, portanto o processo de ortorretificação torna-se pouco necessário.

Ainda sobre os anáglifos, e como consequência da inexistência de algumas fotografias aéreas, não foi possível a produção de anáglifos de modo a cobrir toda área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas. Nesses casos e como apoio, utilizou-se apenas dados da cartografia de base.

A estruturação do banco de dados cartográficos de base e os anáglifos foram fundamentais para elaboração dos mapeamentos subsequentes, a destacar o mapa de elementos topográficos que constituído basicamente pelas cotas altimétricas, divisores de água, curvas de nível, corpos d'água e rupturas de auge/declive.

Com exceção dos divisores de água e rupturas de aclave/declive, todos os demais dados que compõem o mapa topográfico já compunham o banco de dados cartográfico previamente estruturado. Rupturas de aclave/declive e divisores de água, são resultados da observação do banco de dados cartográfico.

Os divisores d'água caracterizam-se por situarem-se sobre as porções mais elevadas do relevo, orientando enquanto interflúvios o escoamento superficial nas vertentes, enquanto as rupturas de declive delimitam as vertentes de distintas declividades.

2.2.2.2 Cartografia de dados morfológicos do relevo

Para o levantamento e a representação cartográfica de dados morfológicos (morfométricos e morfográficos) do relevo da área de estudos, foram realizadas técnicas de sensoriamento remoto, aerofotointerpretação, análises em imagens de satélites, a utilização do banco de dados cartográficos, estruturado em etapa anterior, e de geoprocessamento.

A fotointerpretação bem revela morfografias do relevo, tais como, unidades de formas, tipologias de topos e encostas, rupturas de declives, cabeceiras de drenagens e *hollows*, enfim, aspectos descritivos variados do relevo. Também imagens de satélites permitem leituras morfográficas: formas de processos atuais tais como, de deslizamentos, ravinamentos e ou voçorocamentos, podem ser identificadas em imagens de satélites de alta resolução espacial (01m).

A partir do banco de dados cartográficos, provido de informações cartográficas de base, foi estruturado o mapa de elementos topográficos do município de Pelotas.

Com o geoprocessamento foi feita a manipulação do banco de dados cartográficos e a geração de novos produtos, fundamentalmente, de um Modelo Numérico do Terreno (MNT). Também com o mesmo foi realizado a produção dos mapas geológico, hidrográfico, topográfico, hipsométrico, clinográfico (de declividades), dos padrões de formas semelhantes do relevo e de um ambiente computacional, um Sistema de Informações Geográficas (SIG), a partir do qual foram possíveis leituras morfométricas do relevo, amplitudes altimétricas e interfluviais.

O geoprocessamento possibilitou o recorte das bases cartográficas e a posterior manipulação das informações do banco de dados cartográficos.

A partir dos dados vetoriais, foram produzidos os mapas hipsométrico, clinográfico, e de elementos topográficos do relevo. A partir das informações mencionadas, e com a ferramenta *Layout*, foi realizado a compartimentação de morfografias do relevo, definindo-se os padrões de formas semelhantes em planícies fluviais, cabeceiras de drenagem, *Hollows*, planícies alveolares, morros, morrotes e colinas.

Os padrões de formas semelhantes do relevo em morros, morrotes e colinas foram definidos com base em Florenzano (2008). Já os padrões em planícies fluviais, cabeceiras de drenagem, planícies alveolares e *hollows* foram definidos principalmente com base em Guerra e Guerra (2008). Os mapas dos padrões de formas semelhantes do relevo, foram elaborados numa escala aproximada de 1:135.000.

2.2.2.3 Mapeamento dos usos e coberturas da terra

Compreende o levantamento e a cartografia dos usos e coberturas da terra sobre a área de estudos. O mapeamento foi realizado a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto. Utilizou-se de processamento digital de imagens (PDI) de satélite de média resolução espacial (30m), das bandas 1,2,3,4 e 5 de 8 bits. A imagem foi obtida do satélite Landsat (5) sensor TM datada de 28 de outubro de 2011 e disponibilizada pelo INPE. A imagem foi posteriormente georreferenciada, utilizando-se como referência elementos da base cartográfica de HASENACK & WEBER (2010).

Para o mapeamento dos usos e coberturas da terra sobre a área de estudos, foram realizadas algumas técnicas, como aplicações de contrastes, elaborações de composições coloridas (123 e 453) e classificações digitais supervisionadas pelo método de verossimilhança.

Aplicação de contraste

A aplicação de contraste se dá através da observação do histograma para posterior realização do realce da imagem. O histograma representa a

distribuição dos pixels da imagem em cada (DN) ou níveis de cinza. Numa imagem de 8 bits, os níveis de cinza estão espacializados do 0 (preto) ao 255-256 (branco), (Crosta, 1992, a).

Devido a condições inerentes aos sensores de satélite, geralmente as informações presentes numa imagem de satélite estão comprimidas num pequeno intervalo dos (DNs), e como o interprete precisa de uma visualização adequada das mesmas, deve-se aplicar aumento de contraste, (Crosta, 1992, b). Nas palavras de Florenzano (2008, p. 42), a aplicação linear de contraste “Consiste em expandir a distribuição dos dados originais (concentrados em um pequeno intervalo) para todo o intervalo possível, por exemplo, para 255 níveis em imagens de oito bits, o que aumenta o contraste da imagem”.

A partir da realização do realce das imagens, as informações se fazem melhores distribuídas entre o intervalo dos (DNs). Essa é uma técnica recomendada nesse tipo de trabalho, pois se quer a diferenciação entre os diferentes tipos de usos e coberturas da terra da área de estudos, (Crosta, 1992, b).

Destaca-se ainda, que o realce de uma imagem não acrescenta informações novas, apenas torna-as mais inteligíveis. Quanto maior o espalhamento do histograma, maior e melhor o contraste da imagem, (Crosta, 1992, b).

Composições coloridas

Associou-se as bandas 1,2,3 (RGB) produzindo-se uma composição colorida natural conforme Figura (03) e com as bandas 4,5,3 (RGB) uma composição colorida “falsa cor” conforme a Figura (04).

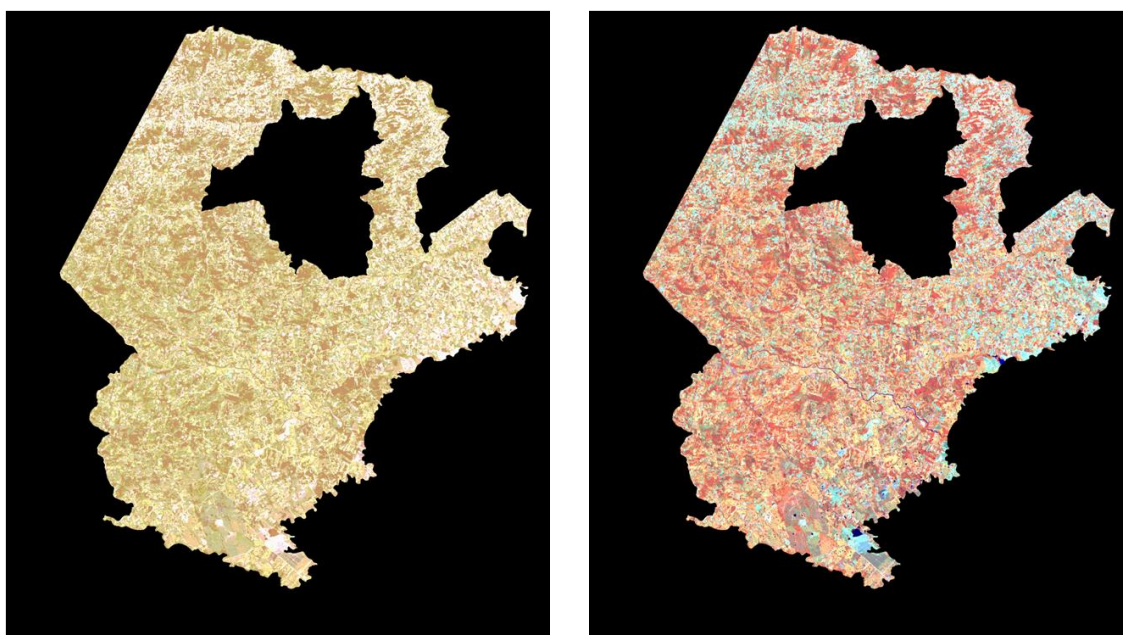


Figura (03): composição colorida natural (1,2,3); Figura (04): composição colorida “falsa cor” (4,5,3).
Fonte: o autor.

Denomina-se composição colorida natural em consequência de seu espectro representar as feições em cores equivalentes ao natural como, por exemplo, as vegetações identificadas em tons de verde na imagem. Na imagem “falsa cor” compreende-se que há um maior contraste das feições. Segundo Florenzano (2008), a composição colorida já pode considerar-se uma técnica de realce das imagens, e que no caso da composição 4,5,3, há uma facilitação na identificação dos diferentes tipos de usos e coberturas da terra.

Neste trabalho foi utilizado como base para a classificação digital supervisionada a composição colorida “falsa cor”, e a composição colorida natural na condição de subsídio para essa classificação.

Classificação digital supervisionada

De acordo com Florenzano (2008, p. 48), na classificação digital supervisionada “(...) as classes são definidas a priori pelo analista [...] o analista deve fornecer amostras (áreas de treinamento) espectralmente representativas, mas não necessariamente homogêneas, das classes”.

A partir da composição colorida foram extraídas aproximadamente 20 amostras para cada uso e cobertura a ser mapeado, a exceção da classe de

silvicultura. Essas amostras equivalem a porcentagem superior a 10% de cada uso e cobertura.

No total foram mapeados cinco tipos de usos e coberturas da terra: mata nativa, cobertura herbácea, solo exposto e corpos d' água. Por representarem a mesma resposta espectral das áreas de estrato arbóreo, as áreas de silvicultura foram mapeadas mediante a aplicação de máscaras poligonares e com o auxílio de imagens de maior resolução espacial disponíveis no *software Google Earth*.

Além da resposta espectral dos diferentes alvos, esses usos e coberturas da terra foram identificados com base em alguns elementos de interpretação. Estes se fazem de acordo com aqueles listados por Florenzano, (2007); apud Florenzano, (2008), a destacar: cor, textura, tamanho, forma, altura, padrão, localização e contexto.

Ainda com base em Florenzano (2008, p. 40), “Devido à variedade de produtos de sensoriamento remoto e de objetos de interesse, cada intérprete pode desenvolver suas próprias chaves de interpretação”. Pois nesse caso, em determinados momentos da classificação digital supervisionada se fez de acordo com a subjetividade do autor.

O produto oriundo dessa classificação digital supervisionada pode ser conferido no capítulo (4), item (4.2.5) que versa sobre os usos e coberturas da terra, Figura (13). Validou-se o produto a partir de comparação dos dados com imagens de maior resolução espacial (1m) e reconhecimentos em campo.

2.2.3 Trabalhos de campo

Estes intencionaram registros fotográficos, verificações dos dados obtidos em gabinete, observações de processos *in loco* e análises visuais e táteis de materiais pedogenéticos e de coberturas superficiais em diferentes padrões e setores de vertentes do relevo.

A fim de se observar processos, alguns trabalhos de campo ocorreram, majoritariamente, após eventos pluviométricos, de modo a se perceber o comportamento hidrológico na área de estudos.

Destaca-se que os trabalhos de campo ocorreram majoritariamente a fim de se observar as morfodinâmicas do relevo. Durante a realização dos

mesmos foram tomados diversos registros fotográficos que comprovam a atuação dos processos erosivos sobre a área de estudos.

2.2.4 Mapeamento geomorfológico

O mapeamento geomorfológico, por fim, resultou dum estudo de sobreposição de informações morfológicas, morfogenéticas, morfocronológicas e morfodinâmicas do relevo da área de estudos. Utilizou-se das orientações metodológicas da *International Geographical Union - Commission on Geomorphological Survey and Mapping* (DEMEK et al, 1972); Ross (1992); IBGE (2009) e Rehbein (2011).

Compactuando com a proposição de Caseti (2014, c, p. 03), o qual destaca que a escala da compartimentação topográfica “[...] deverá ajustar-se a determinado nível taxonômico”, o mapeamento geomorfológico da área de estudos contemplou graficamente o 3º Táxon, dos padrões de formas semelhantes do relevo (ROSS, 1992), e foi impresso numa escala aproximada de 1:135.000.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Evolução geológica regional

O entendimento do relevo é um aspecto bastante amplo e diversificado. Isso não é possível somente através de análise pormenorizada do que vemos, do aqui e agora. O que enxergamos enquanto forma de relevo é reflexo de inúmeros acontecimentos do passado e que remontam e nos remete a origem do Planeta Terra.

Esses acontecimentos, os quais se mostram diferentes nas diversas partes do Planeta Terra, influenciam os aspectos da dinâmica que se processa atualmente. Portanto ao abordar um estudo sobre o relevo, e no caso da geomorfologia, logo nos remete ao entendimento do passado.

A abordagem acerca da evolução geológica-geomorfológica regional apresenta-se como uma condição para compreender a gênese e a cronologia do relevo, bem como subsídios para o entendimento da dinâmica do mesmo.

Neste item descreve-se e caracteriza-se a morfoescultura do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas, bem como a caracterização da área da Planície Costeira desse município. Sabe-se que a área territorial do município de Pelotas compreende duas unidades morfoesculturais: a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) e o Escudo Cristalino Sul Rio-Grandense.

As morfoesculturas da Planície Costeira e do Escudo Sul-Rio-Grandense nas quais o município de Pelotas está inserido estão respectivamente, assentadas sobre as morfoestruturas da Bacia de Pelotas e do Cráton Rio de La Plata e do Cinturão Dom Feliciano.

Destaca-se que mesmo a área da Planície Costeira encontrando-se a parte da área de estudos, entende-se que a caracterização de sua evolução geológica-geomorfológica é de suma importância para compreensão da área do Escudo Sul-Rio-Grandense. Isso decorre em consequência dos episódios de transgressão e regressão marinha ocorridos durante o período do quaternário, conforme será abordado no item 3.1.2.

3.1.1 Escudo Sul-Rio-Grandense

O estado do Rio Grande do Sul apresenta as seguintes unidades morfoestruturais: Bacia Sedimentar de Pelotas, Bacia Sedimentar do Paraná e o Cráton Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano, (MENEGAT et al, 1998).

De acordo com Suertegaray e Fujimoto (2004), a unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar de Pelotas compreende a unidade morfoescultural da Planície Costeira; a Bacia Sedimentar do Paraná compreende as unidades morfoesculturais do Planalto Meridional, da depressão Periférica e da província do Haedo. Por fim, a unidade morfoestrutural do Cráton Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano compreendem a unidade morfoescultural do Planalto Uruguaio sul-riograndense ou Escudo Sul-Rio-Grandense, observe a Figura 5:

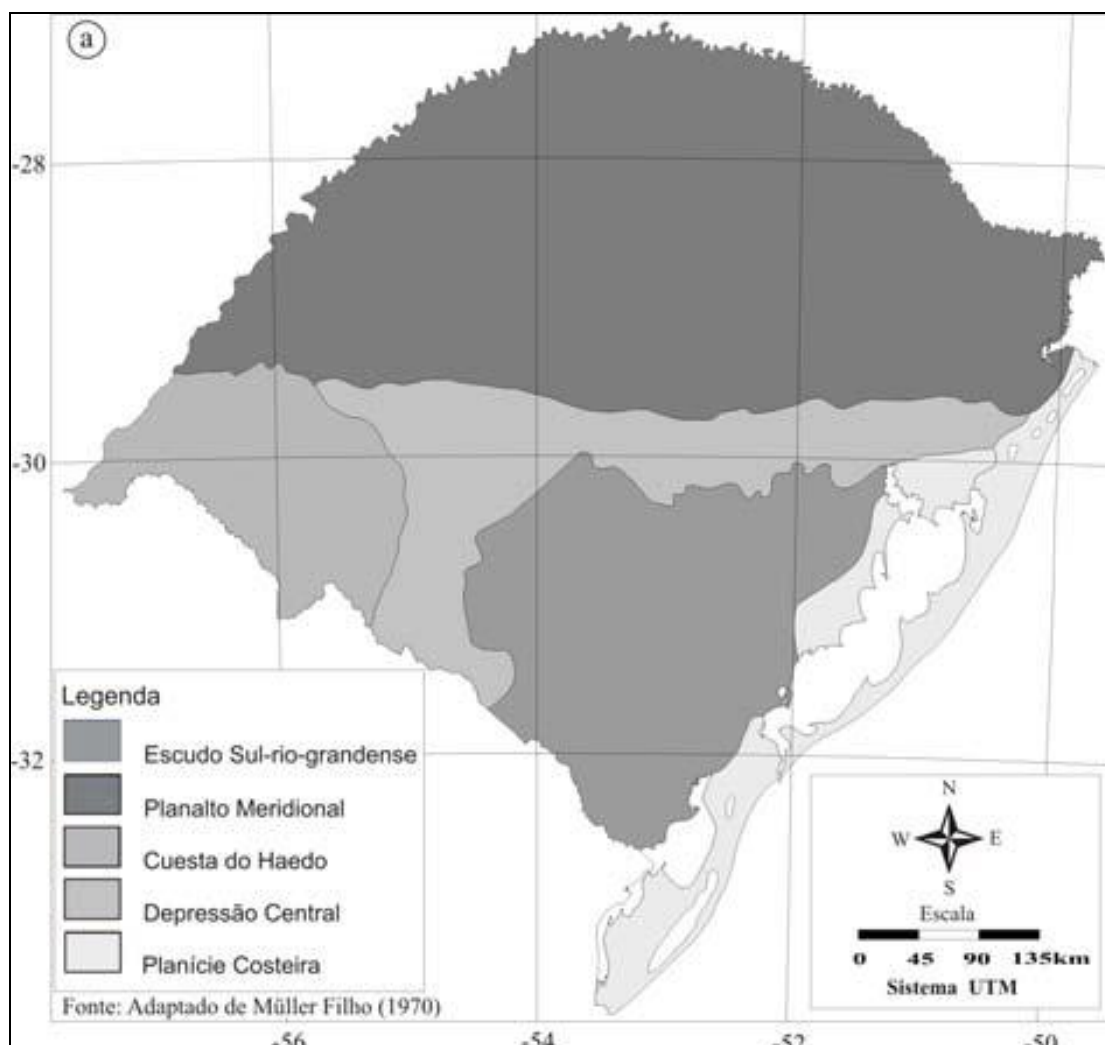


Figura 5: Mapa das unidades morfoesculturais do Rio Grande do Sul

Fonte: Guasselli et. al., 2006.

Adaptação: O autor (2015).

A unidade morfoescultural do Escudo Sul Rio-Grandense, conforme Menegat et al (1998), é a mais antiga do Estado, com idade de cerca de 500 milhões de anos. Sua altitude pode chegar até 599 metros.

As unidades morfoestruturais Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano são resultado de determinados eventos geológicos. Conforme Menegat et al (1998), a convergência dos antigos continentes sul americano e africano e a formação do continente de Gondwana entre os períodos do Proterozóico Superior e o Paleozóico a aproximadamente 900 e 500 milhões de anos, resultou na formação dessas unidades morfoestruturais.

De acordo com Menegat et al, (1998), o testemunho da ocorrência de um antigo continente sul americano e africano é creditado aos atuais Cráton

Rio de La Plata na América e ao Cráton do Kalahari na África, observe a Figura 6.

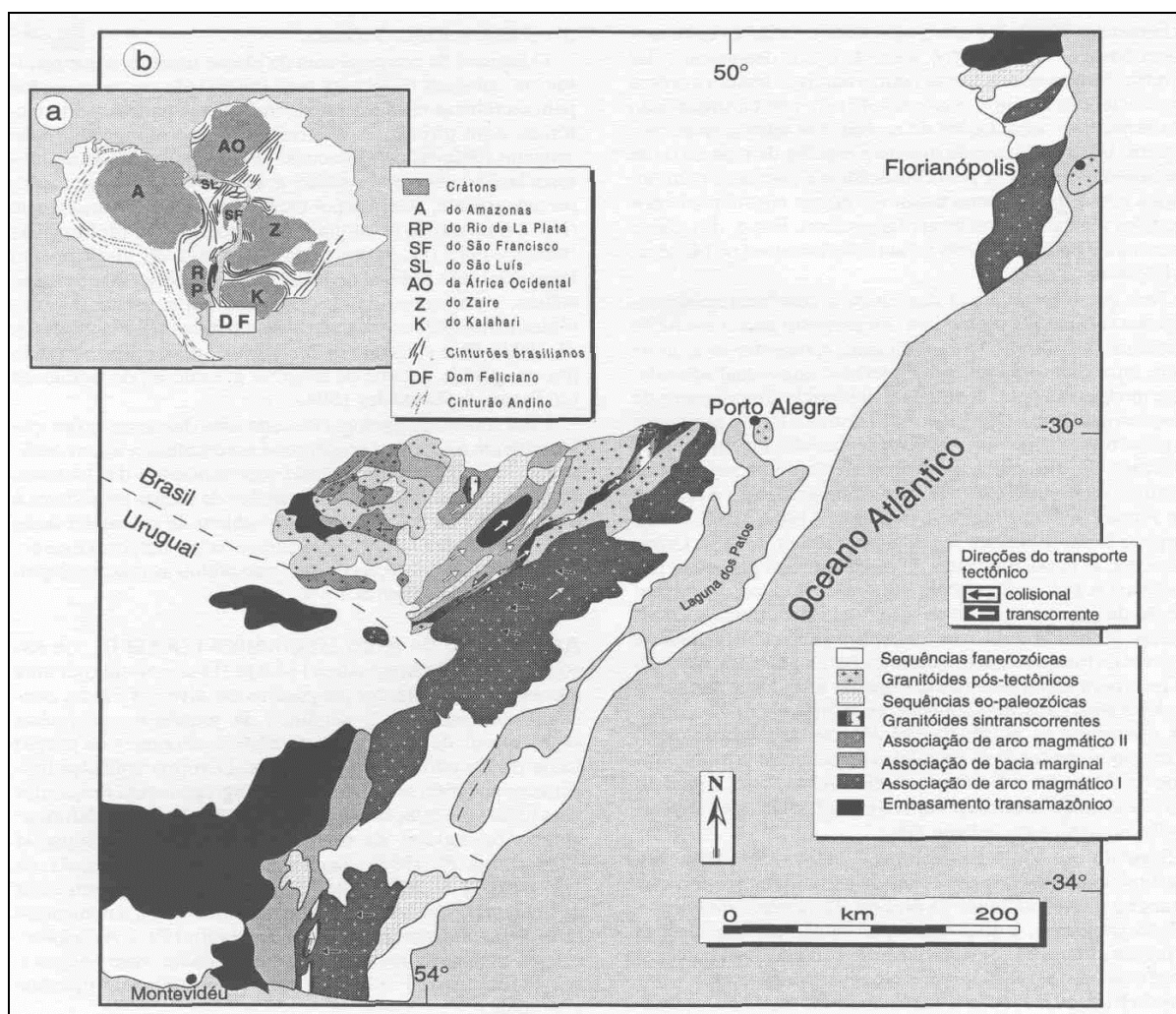


Figura 6: Unidades do Sistema Geodinâmico do Gondwana Oeste durante o Neoproterozóico (a) incluindo o mapa simplificado das associações petrotectônicas (b).

Fonte: Fernandes, L. A. D, 1995.

Adaptação: O autor, (2015).

Acerca de 800 milhões de anos, os ancestrais continentes sul americano e africano estavam divididos pelo antigo Oceano Adamastor, (MENEGAT et al, 1998). Conforme esse autor, na parte central da crosta daquele oceano houve a formação de uma cordilheira, a partir da qual, as correntes de convecção do magma fluíam num processo de expansão e consolidação do assoalho oceânico.

Panorama da formação morfoestrutural onde hoje se situa o Planalto Uruguaio Sul Rio-Grandense, será ilustrado pelas figuras que seguem.

Destaca-se que, as mesmas relacionadas a seguir, estão de acordo com Fernandes et al. (1992); apud Menegat et al., (1998).

Na Figura 7, apresenta-se uma ilustração sobre o Oceano Adamastor.

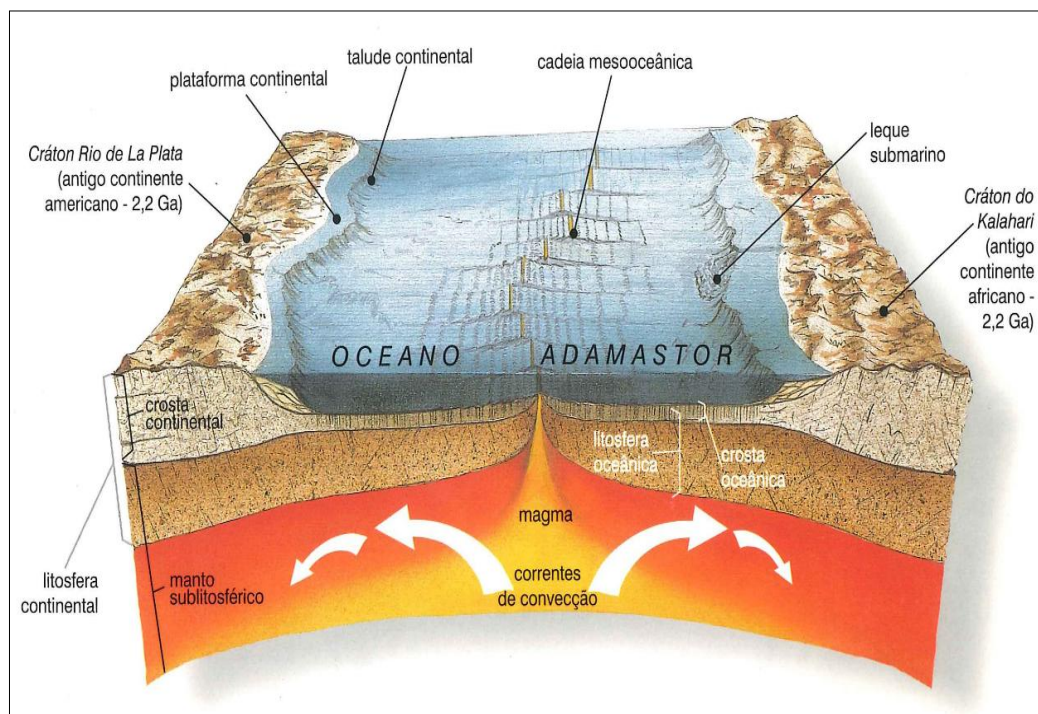


Figura 7: Abertura do Oceano Adamastor.

Fonte: MENEGAT et al., 1998, p.12.

Adaptação: O autor, 2015.

Conforme observamos na Figura 7, a qual nos trás um recorte estrutural de parte dos antigos continentes africano e sul americano, o Oceano Adamastor, hoje Oceano Atlântico, separava o continente americano compreendido pelo Cráton Rio de La Plata, do continente africano, atualmente compreendido pelo Cráton do Kalahari, Menegat et al (1998).

Ao longo do tempo geológico, a parte oriental compreendida pelo Cráton do Kalahari, em consequência dos movimentos das placas tectônicas e do movimento das correntes de convecção do magma, se desloca no sentido ocidental num movimento de subducção. De acordo com Menegat et al (1998), essa movimentação das placas tectônicas acarretarão o fechamento do Oceano Adamastor e o início do processo de colisão entre os crátons do Kalahari e Rio de La Plata.

Conforme destaca Menegat et al (1998), é nesse contexto de movimentação das placas tectônicas e da subducção da litosfera do Oceano Adamastor que se dá o início da formação do Cinturão Orogênico Dom Feliciano.

A seguir, pode-se observar o cenário de fechamento do Oceano Adamastor através da subducção do manto cratônico do Kalahari. Conforme Menegat et al, (1998), naquele contexto, houve a fragmentação do Cráton Rio de La Plata, uma série de atividades sísmicas, criação do arco magmático oriental e em consequência dessas atividades tectônicas, a abertura do Oceano Charrua, veja-se a Figura 8.

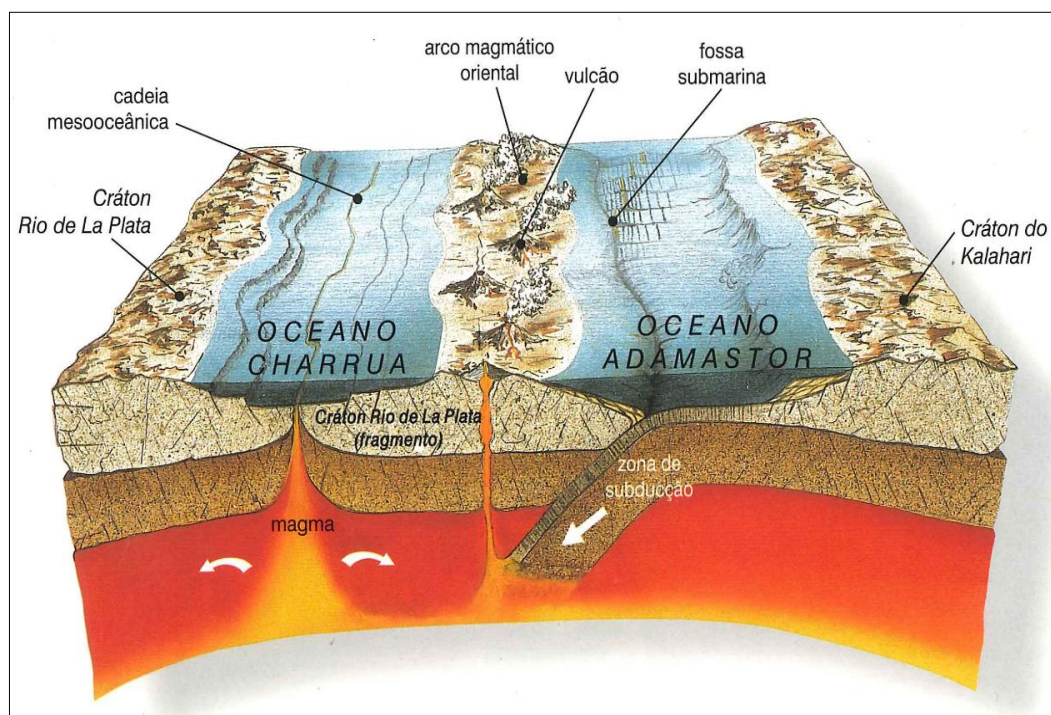


Figura 8: Fechamento do Oceano Adamastor, formação do Arco Magmático Oriental e abertura do Oceano Charrua.

Fonte: Menegat et al., (1998), p.12.

Adaptação: O autor, 2015.

De acordo com Menegat et al (1998), ao longo do tempo geológico o processo de deslocamento da litosfera do Oceano Adamastor quanto da litosfera do fragmento oriental do Cráton Rio de La Plata, ocasionaram a colisão entre os antigos continentes e ainda, o fechamento do Oceano Charrua.

Assim como acontece quando do fechamento do Oceano Adamastor e a formação de um arco magmático oriental, o processo de fechamento do Oceano Charrua também acarreta a formação de um arco magmático ocidental, associado a uma série de atividades sísmicas, (MENEGAT et al, 1998). A ilustração do referido processo, veremos na Figura 9:

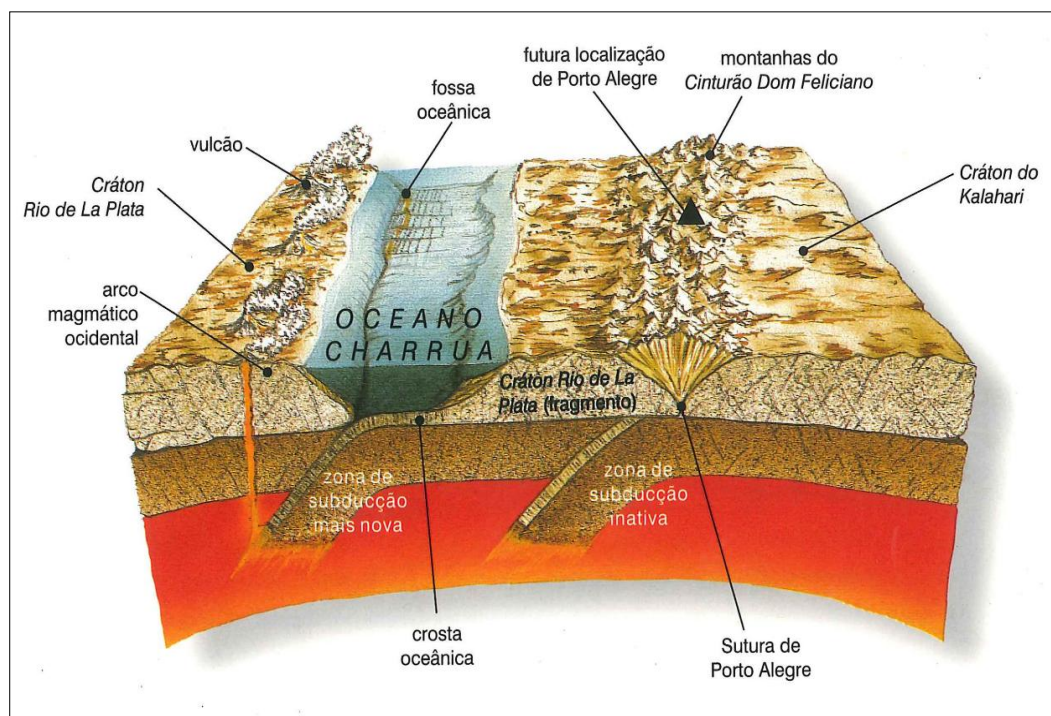


Figura 9: Colisão dos antigos continentes sul-americano e africano.

Fonte: Menegat et. al., 1998, p.13.

Adaptação: O autor, 2015.

Conforme Menegat et. al. (1998), a colisão final desses antigos continentes ocasionou uma série de atividades sísmicas, o surgimento de fissuras além do processo de soerguimento do Cinturão Dom Feliciano. O referido processo de colisionamento ocorreu “[...] há cerca de 700 milhões de anos”, (MENEGAT et al., 1998, p.11).

Conforme Menegat et. al. (1998), o limite entre o Cráton Rio de La Plata (antigo continente sul americano) e o Cinturão Dom Feliciano (oriundo do choque entre os antigos continentes) é identificado pela Sutura de São Gabriel, conforme é identificado na Figura 10.

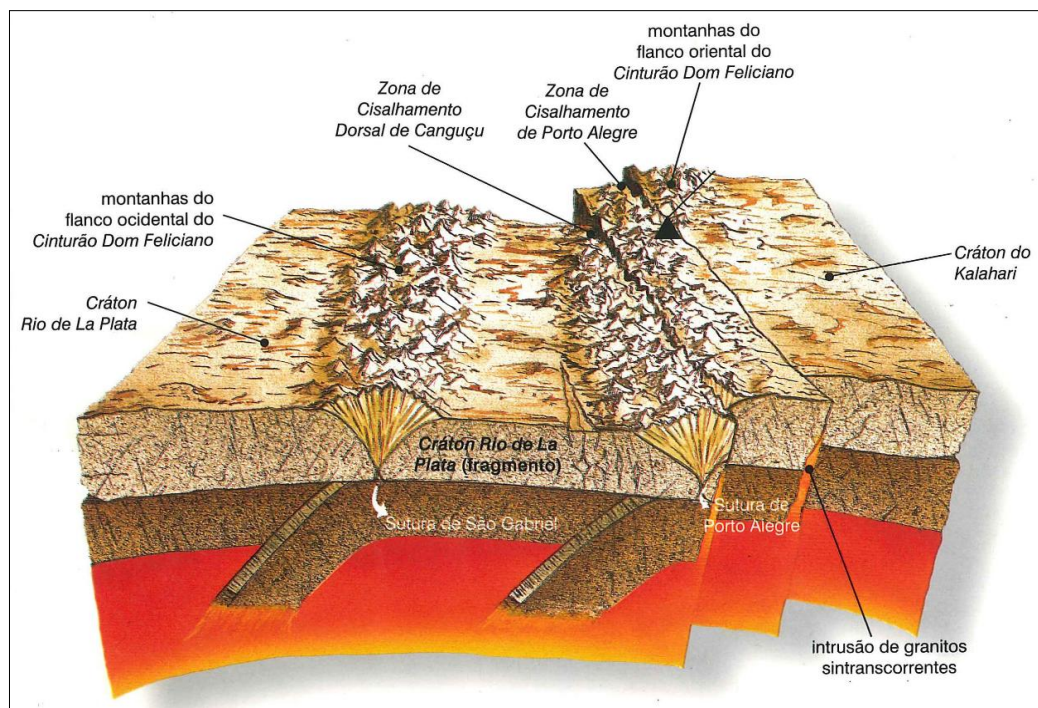


Figura 10: Consolidação do Cinturão Dom Feliciano.

Fonte: MENEGAT et. al., 1998, p.13.

Adaptação: O autor, 2015.

O Cinturão Dom Feliciano na época de sua formação representava estruturas equivalentes a Cordilheira do Himalaia, entretanto em consequência dos processos erosivos, houve o desgaste dessa estrutura, (MENEGAT et. al. 1998).

A partir da estabilização dos movimentos das placas tectônicas e do magmatismo, os processos erosivos ganham notoriedade ocasionando ao longo do tempo geológico o surgimento das estruturas rochosas na superfície, (MENEGAT et. al, 1998). O fim do colisionamento entre os continentes ancestrais ocasiona uma série de condicionantes geológicas, conforme ilustra a Figura 11:

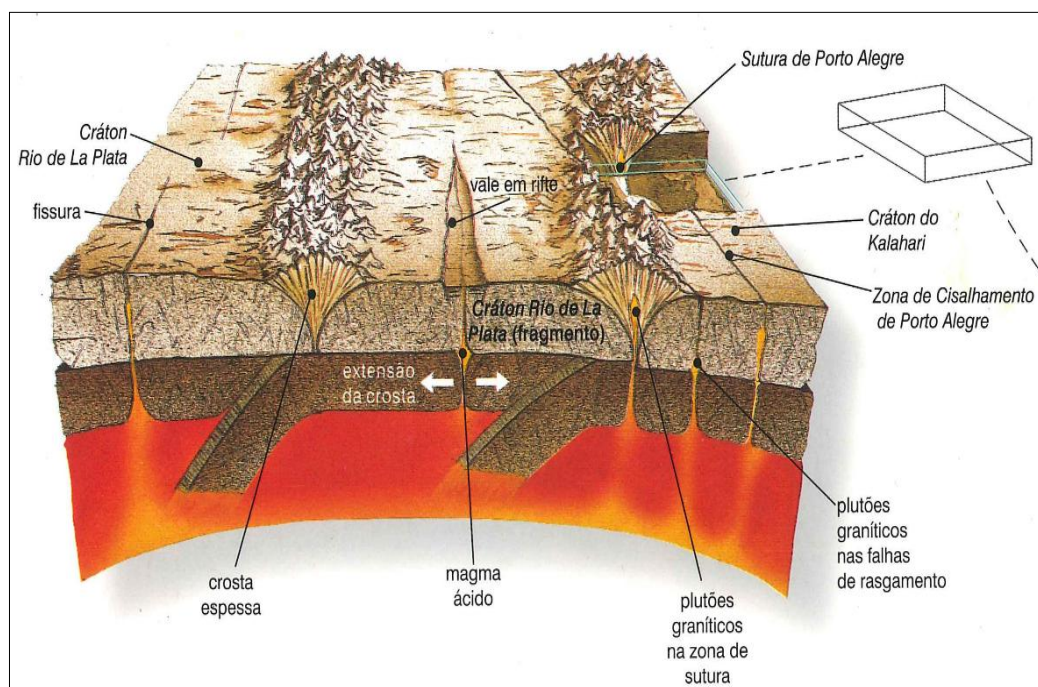


Figura 11: Consolidação final do Cinturão Dom Feliciano.

Fonte: Menegat et. al., 1998, p.13.

Adaptação: O autor, 2015.

Na figura supracitada, a qual busca representar o resultado da consolidação do Cinturão Dom Feliciano, podemos observar uma gama variada de fissuras, zonas de sutura e de cisalhamento, falhas de rasgamento e do vale em rifte.

Foi a partir desse contexto geológico que surgiu o processo de abertura do Oceano Atlântico e, portanto de separação dos atuais continentes sul americano e africano, (MENEGAT et al, 1998). Conforme esse autor, o processo teve início a cerca de 132 milhões de anos no Período do Cretáceo.

Nesse período geológico, compreendido pelo processo de fragmentação do Gondwana,

“[...] desencadeou um vulcanismo de fissuras com lava (magma) basáltica brotando em fendas da crosta terrestre; as diversas extrusões do magma por fendas, que ocorreram na sua quase totalidade em um espaço de menos de 10 milhões de anos, empilharam uma sucessão de camadas que alcançam até centenas de metros de espessura, (STRECK, E. V. et. al, 2008, p. 128.)

De acordo com Streck, E. V. et. al (2008), o alargamento das fissuras por onde o magma fluía para a superfície, quando da fragmentação do Gondwana, favoreceu a entrada de água oceânica havendo portanto, o surgimento do oceano Atlântico e dos atuais continentes americano e

africano. Destaca-se que o aumento do assoalho oceânico e a distância entre esses continentes é contínuo em consequência do vulcanismo marinho, (STRECK, E. V. *et. al*, 2008).

O Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas corresponde ao Batólito Pelotas, cujo sua localização está “(...) situado na porção leste do Escudo Sul-riograndense, apresenta no Rio Grande do Sul extensão aproximada de 370 km e largura entre 70 a 110 km”, (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 257).

De acordo com os autores supracitados, são reconhecidas seis suítes graníticas no Batólito Pelotas. Essas suítes graníticas são: Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM), Erval (SIE), Viamão (SIV), Encruzilhada do Sul (SIES), Suíte Granítica Cordilheira (SGC) e Dom Feliciano (SGDF).

Conforme Philipp e Machado (2001, p. 258), também citando outros autores, o Batólito Pelotas apresenta contatos ou limites

(...) definidos por zonas de cisalhamento de alto ângulo, com movimentação predominantemente sinistral. Estas zonas são caracterizadas por espessas faixas de rochas miloníticas de direção NE-SW. O limite oeste do batólito é com as Zonas de Cisalhamento Dorsal do Canguçu (Mesquita & Fernandes 1990) e Passo do Marinheiro (Picada 1971). O seu limite leste aflora apenas no Uruguai, onde está em contato com o Grupo Rocha através da Zona de Cisalhamento Alferes-Cordilheira (Masquelin 1989). O limite norte é com os sedimentos da Bacia do Paraná, e o leste é com os sedimentos da Planície Costeira.

Na Figura 12 apresenta-se a localização das suítes graníticas do Batólito Pelotas, onde está inserida a área de estudos. Nessa Figura também se evidenciam alguns limites do Batólito Pelotas, a destacar a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (ZCDC).

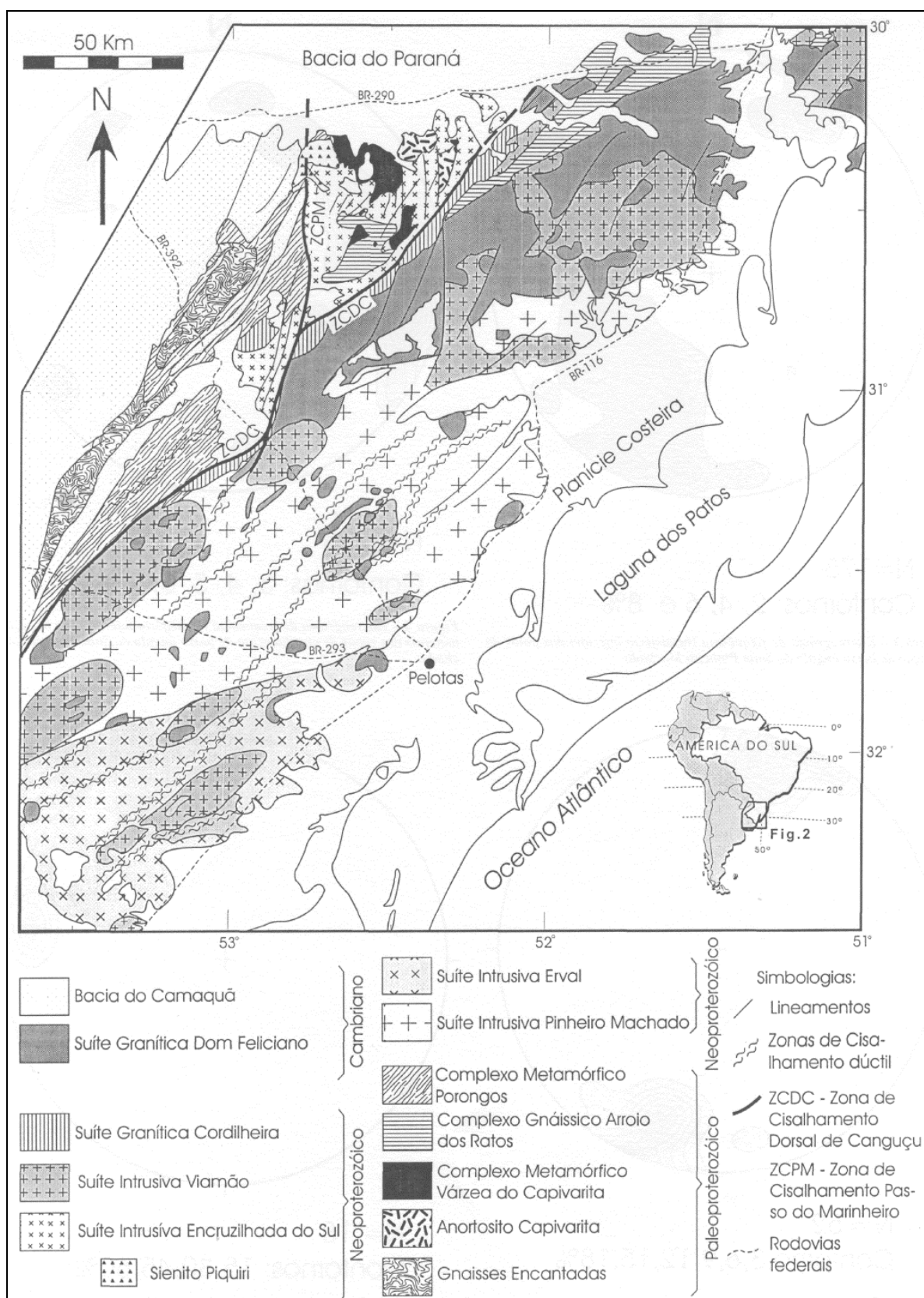


Figura 12 - Mapa geológico do Batólito Pelotas com a identificação das suítes graníticas.

Fonte: Philipp e Machado, 2001 apud Philipp, 1998.

Adaptação: o autor, 2015.

No subcapítulo 3.2.1¹ se disserta sobre a geologia da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas, caracterizando-se as seguintes suítes graníticas: (SIPM), (SIE), (SGDF) e Granito Arroio Moinho (GAM).

No item subsequente, se disserta sobre a evolução geológica-geomorfológica da área da planície costeira do Rio Grande do Sul, por entender que ela influenciou na evolução do modelado da área de estudos e pelos registros de eventos de transgressão e regressão marinha.

3.1.2 Planície Costeira do Rio Grande do Sul

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) é uma das cinco províncias geomorfológicas do estado. Conforme Tomazelli et al (2007, p. 327), a Planície Costeira caracteriza-se como “[...] uma ampla área de terras baixas possuidora de algumas peculiaridades que a distinguem no cenário das regiões costeiras brasileiras.”

Geograficamente a Planície Costeira ocupa praticamente toda parte da linha de costa do estado do Rio Grande do Sul, (TOMAZELLI et al, 2007). Conforme esse autor,

A linha de costa da PCRS estende-se por cerca de 620 Km, desde a desembocadura do Rio Mampituba, ao norte, até a foz do Arroio Chuí, ao sul, mantendo uma orientação média de N 32º E. A largura da planície é variável, sendo mais estreita no setor norte, entre Torres e Tramandaí, onde, devido à proximidade da escarpa da Serra Geral, alcança uma largura entre 10 e 15 Km. Para o sul, a planície torna-se bem mais ampla, alcançando uma largura máxima em torno de 100 Km. Estas dimensões conferem a esta importante província geomorfológica uma área, em território brasileiro, de aproximadamente 33.000 Km². (TOMAZELLI et al, 2007, p. 328).

No intuito de compreender a evolução desta unidade geomorfológica, Villwock, J. A; Tomazelli, L. J. (2001, p. 2), colocam que,

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é constituída, em parte, pela Bacia de Pelotas, segmento meridional das bacias marginais que compõem a margem continental brasileira. Apoiada sobre um embasamento composto pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná, a Bacia de Pelotas teve sua origem relacionada com os movimentos tectônicos que, a partir do Cretáceo, conduziram à abertura do oceano Atlântico Sul.

¹ Ver página 55.

Na imagem a seguir, pode-se localizar bem como visualizar um esquema representativo da formação geomorfológica dessa planície onde, no sentido do litoral para o interior do continente, temos o sistema de Leques Aluviais e no sentido inverso consta o sistema formado pelos episódios de glacio-eustatismo que formaram os sistemas Laguna-Barreira, (TOMAZELLI et al, 2007).

Os sistemas de Laguna-Barreira são apresentados em quatro etapas. Do mais antigo para o mais jovem apresentam-se os sistemas I, II, III e IV. Conforme Tomazelli & Villwock (2001), os sistemas I, II e III formaram-se no pleistoceno e o sistema IV no holoceno, confira a Figura 13:

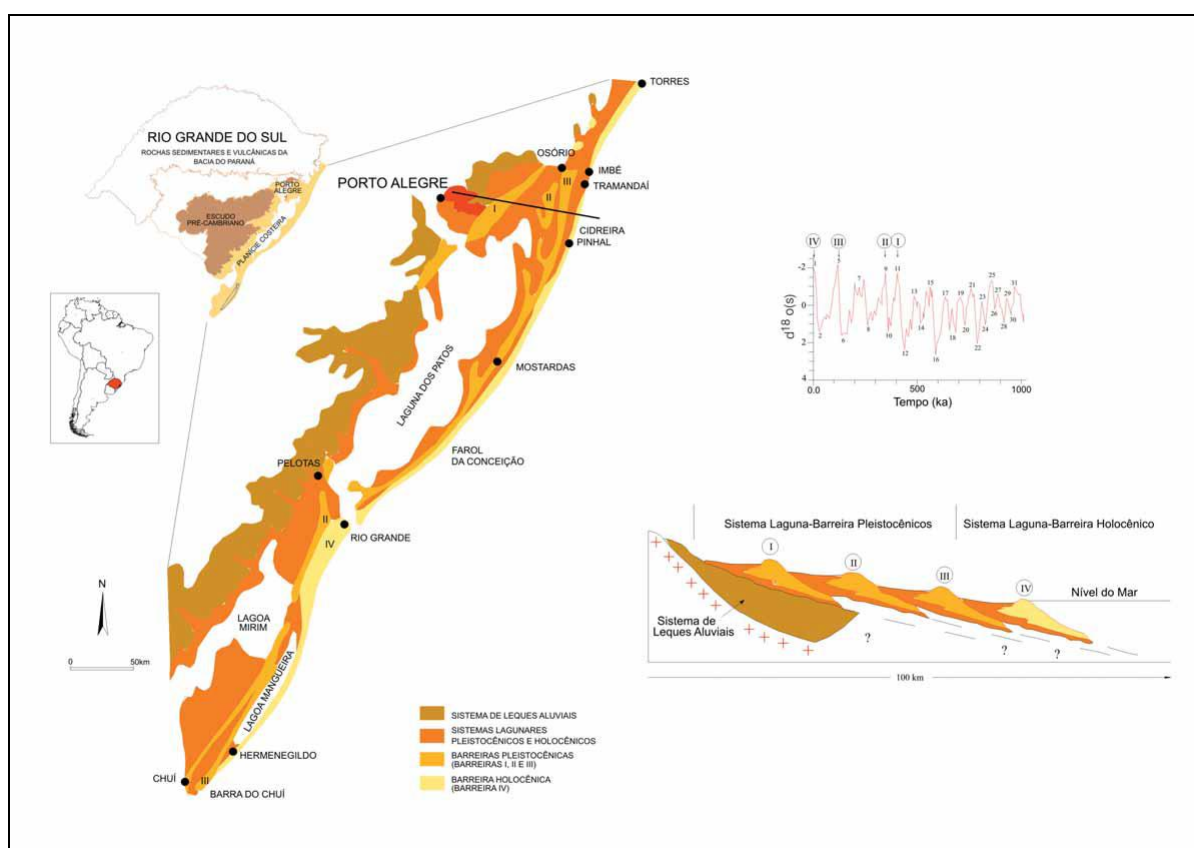


Figura 13 - Vista da localização e do processo de evolução da PCRS.

Fonte: Tomazelli & Villwock, 2001, p.22.

Adaptado: o autor, 2015.

Vale destacar que quanto a composição sedimentológica dessa província geomorfológica rio-grandense é constituída predominantemente por 'siliclástica', Tomazelli et al (2007). Deve-se essa composição ao processo de erosão de duas áreas principais; do Escudo Sul-Rio-Grandense quando da

decomposição das rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas; e do Planalto Meridional quando da decomposição das rochas sedimentares e vulcânicas, (TOMAZELLI et al, 2007).

Para compreensão da formação geológica da Planície Costeira Rio-Grandense, (morfogênese), são levados em consideração principalmente a ação dos ventos e a hidrodinâmica, (TOMAZELLI et al, 2007).

Para Villwock et al (1986), apud Tomazelli et al (2007, p. 330-331), a Planície Costeira

[...] se desenvolveu sob o controle das variações climáticas e das flutuações do nível relativo do mar do Quaternário, acumulando sedimentos em dois tipos principais de sistemas deposicionais: (1) um sistema de leques aluviais, que ocupa uma faixa contínua ao longo da parte mais interna da planície, e (2) quatro distintos sistemas deposicionais transgressivos-regressivos do tipo laguna-barreira.

Ao longo desse capítulo, veremos detalhadamente como ocorreu a formação e as características gerais de cada um desses sistemas, o sistema de Leques Aluviais e os sistemas de Laguna-Barreira.

3.1.2.1 Sistemas de leques aluviais

O sistema de Leques Aluviais compreende o mais antigo depósito de sedimentos na formação da PCRS, (TOMAZELLI et al, 2007). Esse sistema se formou em consequência do transporte de sedimentos vindos das áreas próximas, a destacar: do Escudo Cristalino Sul Rio-Grandense e do Planalto Meridional, (TOMAZELLI et al, 2007).

O transporte desses sedimentos até a área da Planície Costeira deu-se tanto pelo processo gravitacional das áreas próximas, quanto pelo fluxo dos canais fluviais e pelos processos torrenciais, (TOMAZELLI et al, 2007).

O sistema de leques aluviais, em especial na parte central e sul da planície “[...] é alimentado basicamente pelas rochas ígneas e metamórficas oriundas do Escudo Pré-Cambriano, [...]” (TOMAZELLI et al, 2007, p. 332). Na parte norte da Planície Costeira esse sistema “[...] é alimentado pelas rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná [...]” (TOMAZELLI et al, 2007, p. 332).

Aspecto comprobatório da diferença entre o sistema de Leques Aluviais alimentado pelo Escudo Sul-Rio-Grandense daquele alimentado pelo Planalto

Meridional é o aspecto da granulometria de cada um desses sistemas, (TOMAZELLI et al, 2007). A granulometria do sistema de leques oriundo da área do Escudo, é mais fina como consequência do refinamento dos sedimentos ocasionados ao longo dos processos de escoamento, (TOMAZELLI et al, 2007). Enquanto isso, a granulometria do sistema de leques oriundo do planalto é maior como consequência dos processos gravitacionais predominantes nessa região, (TOMAZELLI et al, 2007).

Além desses sistemas de Leques Aluviais predominantes, Tomazelli e Wilcock (2001), identificam um terceiro sistema de leques ocasionado pelos processos relativos aos movimentos transgressivos-regressivos do sistema Laguna-Barreira I. Entretanto, esse último sistema “[...] possui uma distribuição mais restrita e se limita às encostas dos terrenos da Barreira I, de idade pleistocênica”. (TOMAZELLI E WILCOCK, 2001, p. 26).

Deve-se destacar que “[...] este sistema se apresenta hoje em dia como uma rampa de sedimentos essencialmente arenosos que se estende bordejando ambos os lados da Barreira I.” (TOMAZELLI E WILCOCK, 2001, p. 26). Conforme esse autor, o sistema mencionado encontra-se situado ao norte da Planície Costeira próximo a desembocadura do lago Guaíba.

Quanto ao processo geral de formação do sistema de Leques Aluviais, teve começo no terciário e se consolida no quaternário, (TOMAZELLI E WILCOCK, 2001). Nos períodos climáticos mais áridos, provavelmente houve um aumento dos processos erosivos acelerando a consolidação desses sistemas.

É importante mencionar que o sistema de Leques Aluviais, ainda que parcialmente, continua em atividade, pois o transporte de sedimentos realizados pelos cursos fluviais e pelos processos torrenciais ocorre na atualidade.

3.1.2.2 Sistemas de laguna-barreira

Conforme vimos, a planície costeira do Rio Grande do Sul constitui sua formação geomorfológica compreendida em sistemas de Leques Aluviais, os quais são resultante da deposição sedimentar das áreas altas próximas, e também pelos sistemas Laguna-Barreira.

Durante os episódios de subida e descida do nível do mar houve a realimentação dos sedimentos dos sistemas de Leques Aluviais, e nisso formando-se os sistemas Laguna-Barreira, (TOMAZELLI et al, 2007).

Compreendem-se esses sistemas em quatro etapas. Do mais antigo para o mais jovem temos os sistemas Laguna-Barreira I, II, III e IV. Esses três primeiros se formaram no período do pleistoceno e o sistema IV, durante o holoceno, (TOMAZELLI et al, 2007).

Sistema Laguna-Barreira I

O sistema Laguna-Barreira I, compreende a “[...] parte NW da Planície Costeira onde ocupa atualmente, uma faixa de terreno com cerca de 150 km de comprimento por 5 a 10 km de largura”, (TOMAZELLI et al, 2007, p. 332).

Mais precisamente, esse sistema ocupa “[...] boa parte das bacias do rio Gravataí e do complexo fluvial do Guaíba”. (TOMAZELLI e VILWOCK, 2001, p. 27).

Cronologicamente esse sistema destaca-se quanto o mais antigo dentro da PCRS, (TOMAZELLI e VILWOCK, 2001). Sua formação geomorfológica é

[...] resultado de um primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. De acordo com a curva isotópica de oxigênio, é provável que este sistema corresponda ao estágio isotópico 11, o que lhe conferiria uma idade absoluta de aproximadamente 400 ka, (TOMAZELLI e VILWOCK, 2001, p. 27).

O complexo Laguna-Barreira I é o sistema que mais sofreu as sucessões de variação do nível do mar, pois

A cada nova ingressão marinha parte da região era afogada, retrabalhando os depósitos ali existentes. Assim, o pacote sedimentar que se acumulou no espaço geomorfológico do sistema lagunar I (Sistema Lagunar Guaíba-Gravataí) reflete estes diferentes eventos envolvendo depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludiais de diversas idades, (TOMAZELLI E VILWOCK, 2001, p. 27).

Sistema Laguna-Barreira II

O processo de formação do sistema deposicional Laguna-Barreira II, acontece em consequência de um segundo ciclo marinho transgressivo-regressivo, no período do pleistoceno.

No intento de precisar a idade desse sistema deposicional, Vilwock e Tomazelli, 1995 apud Tomazelli et alli (2007), considera que tanto a Barreira I

quanto a Barreira II “[...] tenham se formado nos máximos transgressivos correspondentes aos estágios isotópicos de oxigênio 11 e 9, de aproximadamente 400 ka e 325 ka, respectivamente”.

Quanto a localização e caracterização atual desse sistema,

As fácies praias e eólicas da Barreira II ficaram preservadas, ao norte, como um grande pontal arenoso desenvolvido do leste da lagoa dos Barros e, ao sul como um antigo sistema de ilhas-barreira, responsável pelo primeiro isolamento da Lagoa Mirim, (VILWOCK e TOMAZELLI, 2001, p. 27).

Portanto, de acordo com os autores mencionados, esse sistema destaca-se como o precursor da formação da Lagoa Mirim.

Sistema Laguna-Barreira III

Seguindo a lógica evolutiva da área da PCRS, do sistema mais antigo para o mais jovem, chega-se ao sistema Laguna-Barreira III. Esse sistema teve sua formação associada ao último interglacial do período pleistocênico em que também formaram-se as barreiras I e II, (TOMAZELLI et al, 2007).

Entre os três sistemas de Laguna-Barreira do Pleistoceno, o último, “[...] é o que apresenta melhor preservação dentre os sistemas pleistocênicos”, (TOMAZELLI et al, 2007, p. 333).

Quanto à localização desse sistema, “[...] se estendem de maneira quase contínua, ao longo de toda a Planície Costeira, desde Torres, ao norte, até o Chuí ao sul.” (TOMAZELLI et al, 2007, p. 333).

Associa-se a este sistema, Laguna-Barreira III, a formação dos grandes corpos lagunares da PCRS, a Laguna dos Patos e a Laguna Mirim, (TOMAZELLI et al, 2007).

Sistema Laguna-Barreira IV

Esse sistema tem sua formação associada ao período do holoceno, portanto o mais jovem entre todos os sistemas, localizando-se no limite entre a massa continental e a grande massa oceânica, (TOMAZELLI et alli, 2007).

O desenvolvimento desse sistema está associado “Com a desaceleração da subida no nível do mar, nos estágios finais da última transgressão Pós-Glacial [...]” (TOMAZELLI et alli, 2007, p. 334).

Ainda quanto ao cenário do desenvolvimento desse sistema, Dillenburg et al; apud Tomazelli et alli (2007, p. 334), especifica que esse sistema teve

seu desenvolvimento associado a dois processos: “[...] deposição ao longo das grandes reentrâncias da costa, levando a formação de barreiras progradantes, e erosão ao longo das protuberâncias costeiras, levando ao desenvolvimento de barreiras transgressivas”.

Quanto a fisionomia desse sistema deposicional,

“[...] é representado por um conjunto de lagunas e lagos costeiros que alcançaram seu desenvolvimento mais amplo durante o máximo transgressivo, atingido há cerca de 5 ka, quando, nessa região, o nível do mar esteve aproximadamente 2 a 4 m acima do nível atual” (TOMAZELLI et alii, 2007, p. 335).

Por fim, como consequência da formação desse sistema, cabe destacar a influência do mesmo num quadro diverso de paisagens. Nesse sentido, destacam-se: “[...] a lagoa Mangueira, na região sul da planície costeira, a lagoa do Peixe, na parte média, e o rosário de lagoas interligadas existentes no litoral norte do Estado”, (TOMAZELLI e VILWOCK, 2001, p. 28).

Portanto, a atual PCRS, é resultado do desenvolvimento dos sistemas de leques aluviais e dos sistemas de Laguna-Barreira.

3.2 Elementos condicionantes do relevo da área de estudos

3.2.1 Geologia

A área de estudos, o Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas, será representado geologicamente, principalmente, com base em dados apresentados pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2010), e por Philipp e Machado (2001).

Nesse contexto, a caracterização geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense,

“[...] está constituído por associações de rochas ígneas de composição predominantemente granítica, as quais, mormente, são intrusivas em um conjunto de rochas metamórficas, representadas por extenso complexo de gnaisses ortoderivados, rochas máfico-ultramáficas de assoalho oceânico, xistos e mármore de composição metapelítica, que, por sua vez, estão recobertos por um pacote com cerca de 5.000 metros de espessura de rochas sedimentares intercaladas a rochas vulcânicas, cujas afinidades variam entre magmas básicos a ácidos na forma de lavas e rochas piroclásticas que compõe a Bacia do Camaquã. As idades, origens e evolução dessas associações litológicas são muito diversas, distribuídas em um complexo arranjo tectonoestratigráfico, controlado por lineamentos regionais que segmentam esse escudo em diversos compartimentos de afinidades geológicas distintas.” (CPRM, 2010, p.18).

Como observado, a área de estudo está sob influência de faixas litológicas de rochas que apresentam características distintas, e ainda enfatizando-se que as respectivas classificações podem se diferenciar em consequência da escala evolutiva empregada e ainda, do autor que a caracteriza.

A partir de uma análise sobre o processo de formação geológica, pode-se apresentar algumas subdivisões para o Escudo Sul-Rio-Grandense. De acordo com dados da (CPRM, 2010), apresentam-se as seguintes espacializações:

“Ribeiro e Fantinel (1978) e Ribeiro e Lichtenberg (1978) foram alguns dos precursores dessas idéias de compartimentação, apresentando a concepção de faixas tectônicas com características comuns, dividindo o escudo em zona mediana, zona leste e zona oeste; ou em uma fração Ocidental e uma oriental, segundo a concepção de Gost et al. (1984); ou Cráton Rio de La Plata e sua faixa marginal Dom Feliciano, como expresso por Soliani et al. (1984) e corroborado por Fragoso Cesar (1991), os quais também destacam estruturas maiores, como o Cráton Rio de La Plata (ALMEIDA et al; 1973; Brasil, 1985; FRAGOSO CESAR, 1991) e o Cinturão Dom Feliciano, relacionado ao ciclo Brasileiro. (CPRM, 2010, p. 18).

A partir de uma análise cronológica, pode-se apresentar uma espacialização para o Escudo Sul-Rio-Grandense a partir de dois períodos, o paleoproterozóico e o neoproterozóico.

O paleoproterozóico está registrado no embasamento do terreno Taquarembó (complexo granulítico Santa Maria Chico) e no Terreno Encruzilhada do Sul (complexos gnaissicos Encantadas, Arroio dos Ratos e Vigia). [] O Neoproterozóico constitui o terreno juvenil São Gabriel, as rochas metavulcânicas de Encruzilhada do Sul e o terreno Pelotas, esses dois últimos relacionados a processos de retrabalhamento de crosta antiga (781+/-5Ma U-Pb). (CPRM, 2010, p. 19).

Conforme dados da CPRM (2010), as unidades litoestratigráficas compreendidas nos períodos geológicos do paleoproterozóico e do neoproterozóico “[...] fazem parte do Cinturão Dom Feliciano, iniciado no paleoproterozóico e consolidado no final do neoproterozóico ao cambriano” (CPRM, 2010, p.19). O encerramento das atividades que irão consolidar a morfoestrutura do Escudo Cristalino se dará “[...] durante o cambriano, com idades entre 542 e 488 milhões de anos, quando então predominaram

grandes regimes vulcânicos, associados a extensas bacias sedimentares”. (CPRM, 2010, p. 17).

Na área de estudos, situam-se litoestratigrafias que de acordo com dados da (CPRM, 2010), compreendem litologias do período neoproterozóico. Entretanto, deve-se ressaltar que o Escudo Sul-Rio-Grandense sofre influência da Planície Costeira cuja litoestratigrafia compreende o período Cenozóico.

Compreendem o período cenozóico as seguintes unidades litoestratigráficas: depósitos colúvio-aluviais; do sistema laguna barreira IV (holoceno): depósitos aluviais, depósitos de planície lagunar, depósitos de praia e cristas lagunares e turfeiras; do sistema laguna barreira III (pleistoceno): depósitos de praia e cristas lagunares e depósitos de planície lagunar; Do sistema laguna-barreira II (pleistoceno): depósitos eólicos, depósitos praias eólicos e depósito de planície lagunar.

Do período neoproterozóico, apresentam-se as seguintes unidades litoestratigráficas: Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fácies Cerro Grande; Granito Arroio Moinho; Complexo Granito-gnáissico Pinheiro Metagranitóides Foliados, Pinheiro Machado e Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fácies Serra do Herval.

Especialmente, observa-se que os depósitos de Planície Lagunar predominam na área da Planície Costeira, os quais formaram-se em consequência dos episódios de glacio-eustatismo. Também, em menores proporções, identificam-se unidades formadas pelos processos colúvio-aluviais e aluviais, resultantes da erosão do Escudo Sul-Rio-Grandense e sedimentação na área da Planície.

Com esse mesmo objetivo de espacialização das unidades litoestratigráficas, observa-se que no Escudo Sul-Rio-Grandense, foco de estudo, o Complexo Granítico-Gnáissico Pinheiro Machado (Metagranitóides Foliados), é predominante. Identifica-se também a Suíte Granítica Dom Feliciano (Fácies Cerro Grande) que geograficamente apresenta localização fragmentada. O mapa com as unidades litoestratigráficas podem ser conferidas na Figura 14:

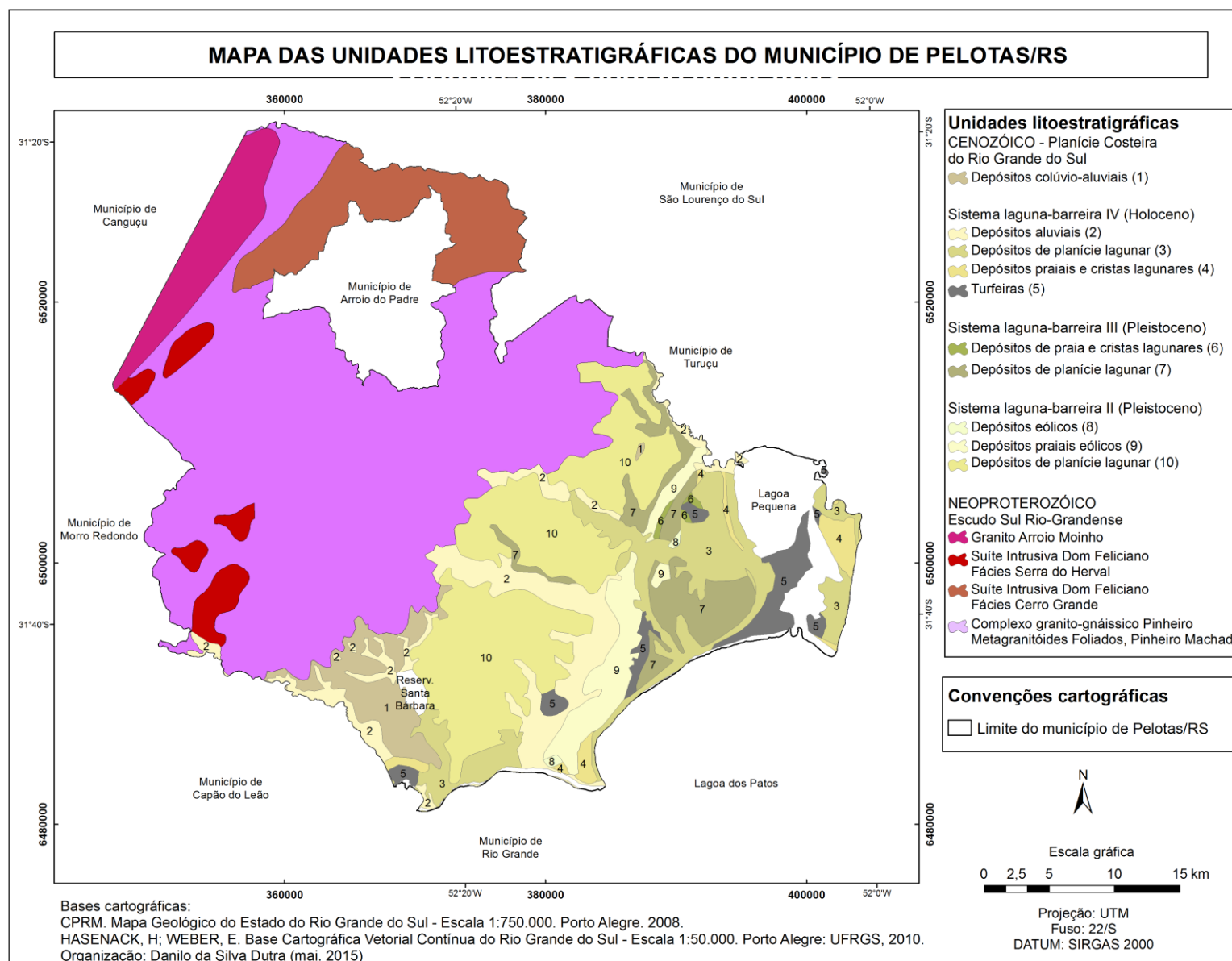


Figura 14 - Mapa das unidades litoestratigráficas do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: o autor, 2015.

Ainda quanto a localização dessas unidades litoestratigráficas, na porção nordeste da área de estudos encontramos a Suíte Intrusiva Dom Feliciano (Fácies Serra do Herval) e, em parte do setor norte e noroeste encontra-se a unidade litoestratigráfica Granito Arroio Moinho.

As quatro unidades litoestratigráficas identificadas e espacializadas na área do Escudo Sul-Rio-Grandense apresentam algumas características específicas. Conforme Philipp e Machado (2001), as suítes graníticas da porção leste do Escudo Sul-Rio-Grandense encontram-se sobre o Batólito Pelotas, posição na qual, situam-se as unidades litoestratigráficas que correspondem a área de estudos.

Quanto a caracterização destas unidades litoestratigráficas, e a destacar a Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM), “(...) ocupa uma faixa alongada na direção NE-SW na porção central do Batólito Pelotas e perfaz cerca de 30% de sua área” (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 263).

De acordo com os autores supracitados, esta é a suíte mais antiga do Batólito Pelotas. Suas rochas são “(...) de cor cinza, textura equigranular hipidiomórfica média a grossa, localmente inequigranular grossa, com megacristais tabulares de feldspato potássico (1 e 3 cm), que perfazem de 1 a 3% da rocha”. (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 263).

Quanto aos dados cronológicos dessa suíte granítica, são apresentados algumas proposições, as quais podem variar conforme o autor que a realiza.

Os dados Rb-Sr disponíveis para esta suíte apontam idades de 750 Ma (Teixeira 1982), 775 ± 36 Ma (Soliani Jr. 1986), 572 ± 54 Ma (May 1990) e de 830 a 800 Ma (Soliani Jr. 1986), este último obtido em xenólitos gnáissicos e migmatíticos. (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 263).

A Suíte Granítica Dom Feliciano (SGDF), situa-se na porção norte do Batólito Pelotas, ocupa cerca de 20% do mesmo e, entre as suítes graníticas encontradas nesse Batólito, ela é a mais jovem, (PHILIPP e MACHADO, 2001). A composição mineralológica da (SGDF), “(...) caracteriza-se por uma grande homogeneidade composicional, estrutural e petrográfica (...)” (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 264). Quanto a coloração “Os granitos da suíte são rosados a castanho claro e esbranquiçados, com predomínio de composição sienogranítica”. (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 264).

Cronologicamente, também se observa que as datações para essa suíte granítica são bastante diversas.

Os dados Rb-Sr disponíveis para a SGDF forneceram idades de 572 ± 10 Ma (Cordani 1974), 550 Ma (Teixeira 1982) e 547 ± 17 Ma para granitos e pegmatites da cidade de Cristal, e 544 ± 5 Ma para o Granito Arroio dos Ladrões (Soliani Jr. 1990), 550 ± 6 Ma para os granitos equigranulares de Cristal e Dom Feliciano (Fragoso César 1991) e 560 ± 12 Ma para os riolitos da Serra das Asperezas, em Pinheiro Machado (Soliani Jr. 1986). (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 264).

A Suíte Intrusiva Erval (SIE), corresponde a cerca de 20% do Batólito Pelotas, compreende principalmente a porção sul do mesmo, entretanto apresentando direção NE-SW e acaba por coincidir com a área do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas. (PHILIPP e MACHADO, 2001).

Caracteristicamente, as rochas que compõem a (SIE), “(...) são homogêneas, textural e composicionalmente, com predomínio de monzogranitos e sienogranitos subordinados” (PHILIPP e MACHADO, 2001, p.263). Aparentemente, constituem-se em “(...) granitos cinza claro, com plagioclásio prismático acinzentado, feldspato potássico subédrico branco a rosado, quartzo amebóide e biotita em lamelas euédricas intersticiais”. (PHILIPP e MACHADO, 2001, p. 263).

De acordo com os autores supracitados, a Suíte Intrusiva Erval (SIE) encontra-se intensamente afetada por zonas de cisalhamento o que acaba por causar algumas transformações mineralógicas.

Por fim, outra unidade litoestratigráfica que compreende a área de estudos é o Granito Arroio Moinho (GAM). Esta litoestratigrafia “Constitui um corpo com área aflorante de aproximadamente 260 km^2 , situada a leste da cidade de Canguçu”. (PHILIPP, 1998, p. 96).

Quanto a características gerais, o granito Arroio Moinho

(...) apresenta um relevo positivo, mostrando morros proeminentes próximos a cidade, gradando na porção leste do corpo para um relevo mais homogêneo, caracterizado por coxílias pouco arrasadas. Afloram como campos de blocos e matações subarredondados e concentrados nas porções mais superiores dos morros. Menos frequentemente, ocorrem como lageados em drenagens e, de maneira rara, em topo de morros”. (PHILIPP, 1998, p. 96).

De acordo com a fonte supracitada, o (GAM) apresenta grande alteração intempérica. Quanto a sua aparência mineralológica,

O granito tem cor cinza clara com pontuações brancas a rosadas e pretas, dadas respectivamente, por feldspatos e por minerais máficos. Quando alteradas adquirem tonalidades rosadas a amareladas. A textura dominante é porfirítica com megacristais tabulares de feldspato potássico, com média de 3 cm, imersos em uma matriz equigranular grossa (5-8 mm) composta por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. (PHILIPP, 1998, p. 97).

Contudo, é pertinente destacar que o entendimento da geologia é etapa necessária para subsidiar o entendimento da morfogênese e da morfocronologia do relevo, além da delimitação da área de estudos.

3.2.2 Clima

No Brasil, de acordo com dados do (IBGE, 2015), encontramos três grandes tipos climáticos, o equatorial, tropical e temperado. Neste último, se insere a área de estudos, clima em que as características mais comuns são a apresentação das quatro estações do ano bem definidas.

Analizando localmente, o sul do estado do Rio Grande do Sul em que se insere a área de estudos, além das quatro estações do ano bem definidas, no inverno apresenta baixas temperaturas inclusive com a formação de geada e precipitação de neve, enquanto que no verão apresenta temperaturas elevadas. O outono e a primavera se caracterizam por um clima mais ameno.

As caracterizações trazidas por Tomazelli e Villwock (2000) para o clima da região da PCRS, devido a localização próxima, tomam-se como referência para o entendimento climático da área do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas.

A região na qual está inserido o Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas compreende a Zona Subtropical Sul, caracterizada basicamente por “(...) controle básico de massas de ar marítimas, de origem tropical e polar”, (HASENACK e FERRARO, 1989, apud TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000, p. 379).

Conforme Nimer 1977; Hasenack e Ferraro, 1989 apud Tomazelli e Villwock (2000, p. 379), “Quanto aos fatores dinâmicos controladores do clima, a PCRS encontra-se influenciada principalmente por dois poderosos centros de ação: o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (Anticiclone de Santa Helena) e o Anticiclone Móvel Polar.”

O Anticiclone do Atlântico Sul caracteriza-se por uma zona de alta pressão constituída por altas temperaturas, as quais contribuem para um aumento da evaporação das águas oceânicas, principalmente. Nesse sentido, o Anticiclone do Atlântico Sul ocasiona, além de tempo bom (ensolarado), a ocorrência de tempo instável (chuvas) (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000).

O Anticiclone Móvel Polar está situado ao sul da Argentina e é caracterizado por ventos que trazem consigo, além de massas de ar frias, também zonas de instabilidade com fortes chuvas para a região, chuvas do tipo (frontal), (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000).

Conforme os autores supracitados existem algumas variantes quanto à atuação desses dois anticiclones na região. Durante os períodos do ano que compreendem os meses da primavera e do verão, a atuação do Anticiclone do Atlântico é maior devido a maior insolação, enquanto que nas estações do outono e inverno, quando a insolação nessa região é menor, há um predomínio do Anticiclone Polar.

Definitivamente, “(...) o clima da PCRS pode ser caracterizado como um clima mesotérmico brando, superúmido, sem estação seca definida (Nimer, 1977). A temperatura média anual oscila entre 16 e 20°C e a precipitação pluviométrica anual varia entre 1000 e 1500 mm” (TOMAZELLI E VILLWOCK, 2000, p. 380).

A partir dos dados disponibilizados pela estação agroclimatológica localizada no município de Capão do Leão/RS, e considerando-se o período de 1971 a 2000, serão trabalhados alguns dados climáticos que compreendem a área de estudos.

Quanto ao aspecto da temperatura, e de acordo com os dados da Figura 15, observa-se que a amplitude térmica, diferença entre a mínima e a máxima, é considerável. Os meses de maiores temperaturas são dezembro, janeiro e fevereiro com médias acima dos 20°C, enquanto que os meses de menores temperaturas são junho e julho com médias abaixo dos 15°C. A temperatura média anual é de 17,8°C.

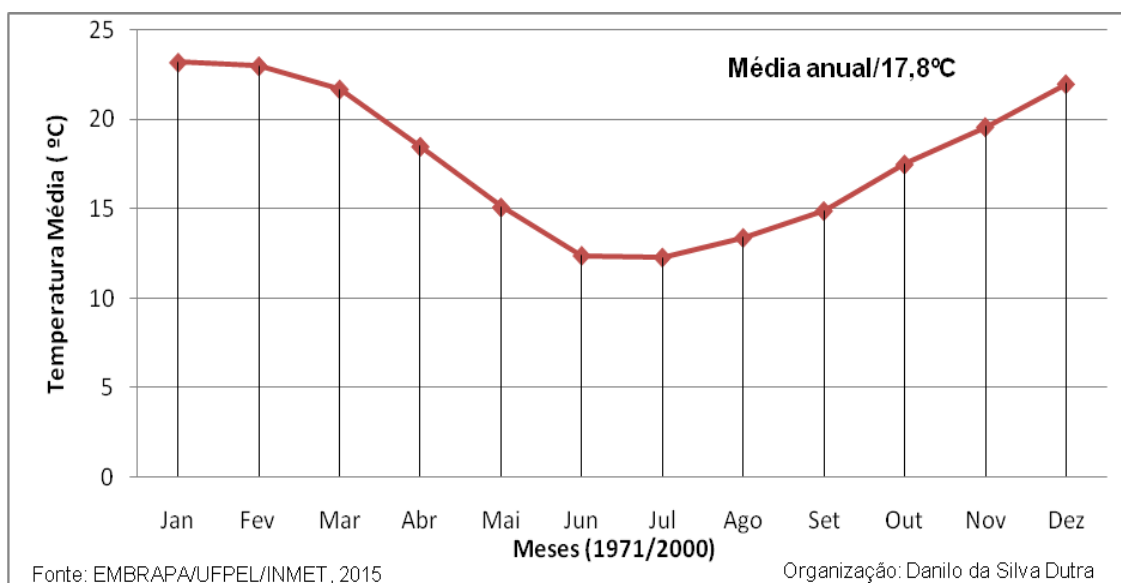


Figura 15 - Normais climatológicas mensais e anual de temperatura da região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).

Fonte: EMBRAPA/UFPEL/INMET, 2015.

Organização: o autor, 2015.

Outro aspecto interessante de análise é a umidade relativa do ar. Na área de estudos, e com base na Figura (16), vemos que os menores índices ocorrem nos meses de verão, especificamente no mês de dezembro quando atinge índices menores que 74%. Por outro lado, os maiores índices de umidade relativa do ar ocorrem no inverno, especificamente no mês de julho quando a média fica superior a 84%. Portanto, a área de estudos caracteriza-se por um índice de umidade relativa do ar bastante alto com média anual superior a 80%, conforme mostra a Figura 16:

Quanto aos dados pluviométricos, observa-se que os períodos mais chuvosos ocorrem nos meses de fevereiro e julho, com índices superiores a 140 mm. Entretanto, no geral, observa-se que há uma distribuição regular de chuvas durante todos os meses do ano ficando com média anual de 1366,9 mm, conforme mostra a Figura 17:

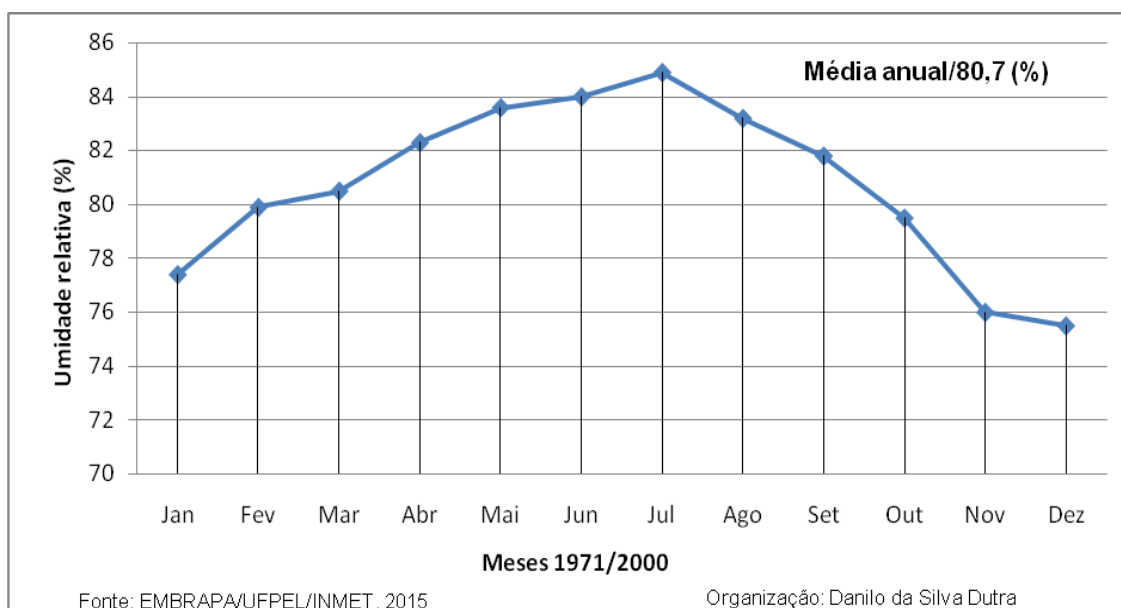


Figura 16: Normais climatológicas mensais e anual de umidade relativa do ar (%) da região de Pelotas/RS entre o período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).

Fonte: EMBRAPA/UFPEL/INMET, 2015. Organização: o autor, 2015.

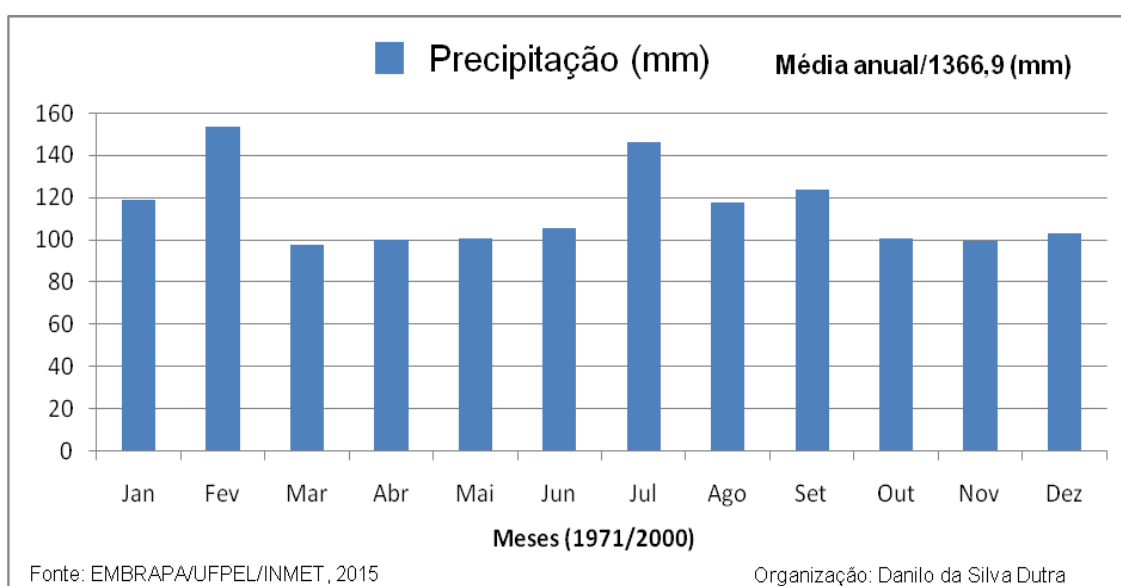


Figura 17: Normais climatológicas mensais e anual de precipitação (mm) da região de Pelotas/RS entre o período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).

Fonte: EMBRAPA/UFPEL/INMET, 2015. Organização: o autor, 2015.

Por fim, não menos importante, é a atuação das correntes atmosféricas. A partir das informações trazidas pelo Quadro (01), vemos que a direção predominante do vento na região que compreende a área de estudos é E e NE, com algumas atuações do SW. Mas certamente, a atuação predominante das

correntes de vento do E e NE ocorrem pela proximidade com a Lagoa dos Patos.

Meses	Direção predominante do vento
Janeiro	NE
Fevereiro	E
Março	E
Abril	SW
Maio	SW
Junho	SW
Julho	NE
Agosto	NE
Setembro	NE
Outubro	E
Novembro	E
Dezembro	E
Anual	E

Quadro 1: Direção predominante do vento na região de Pelotas/RS no período de 1971/2000, (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - EMBRAPA/UFPEL/INMET).

Fonte: EMBRAPA/UFPEL/INMET, 2015.

Organização: o autor, 2015.

O vento tem ação sobre as correntes de umidade que atuam na região, e caracterizam o tempo por um bom período do ano. É um fator que deve ser considerado na condição de agente transformador do relevo, especialmente pelo transporte de umidade e formação de chuvas orográficas, nas encostas do Escudo Sul-Rio-Grandense.

3.2.2.1 Eventos climáticos extremos

Sabe-se que em condições normais, as transformações da natureza ocorrem lentamente. No entanto, há a possibilidade da ocorrência de eventos extremos, o que pode acelerar tais processos. Esses eventos podem ainda ser mais intensos, quando há ação antrópica inadequada sobre o meio ambiente.

Quando se fala de condições climáticas, e no que se refere a extremos, logo vem a mente eventos de natureza interna e externa. Nesse sentido, “Os decorrentes da dinâmica interna são terremotos, maremotos, vulcanismo e tsunamis. Já os fenômenos da dinâmica externa envolvem tempestades, tornados, inundações, escorregamentos, entre outros”, (TOMINAGA, 2009, p.14).

No caso da presente pesquisa, e conforme conhecimento sobre a realidade de estudos destaca-se a ocorrência de chuvas torrenciais, por serem fenômenos mais freqüentes.

As precipitações em forma de chuvas torrenciais podem desencadear desastres naturais. Esses fenômenos são definidos como,

(...) uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos. (UM-ISDR, 2009, apud TOMINAGA, 2009, p. 13).

Geralmente por traz de eventos climáticos extremos, e no caso de enxurradas, existem dois fenômenos de ocorrência muito amplas, conhecidos por El Niño e La Niña, (OLIVEIRA, 2009).

O El Niño é um fenômeno de ocorrência periódica e se constitui em virtude do aquecimento das águas do Pacífico o que ocasiona temporadas de chuvas intensas no sul, e fortes secas para o nordeste do Brasil, (OLIVEIRA, 2009).

Com características opostas ao El Niño, a La Niña caracteriza-se devido ao resfriamento das águas do Pacífico, trazendo períodos de escassez de chuvas para o sul do Brasil, (OLIVEIRA, 2009).

Nesse subcapítulo, está se averiguando a ocorrência de eventos climáticos extremos, pois se sabe que os mesmos podem acarretar alterações drásticas aos processos naturais.

Como mencionado, na área de estudos há a ocorrência de eventos climáticos extremos, onde se destacam as enxurradas. Estes fenômenos podem ser definidos como "(...) desastres associados a escoamento superficial de alta velocidade e energia, desencadeado por chuvas intensas e concentradas, frequentes em regiões acidentadas e bacias hidrográficas de dimensões reduzidas". (BRASIL, 2012, p. 52).

No município de Pelotas, conforme Rutz (2015), do começo do século XX ao início do século XXI houve a ocorrência de, ao menos, dezenove eventos extremos (enxurradas), e, em quase todos os casos, de ocorrência em todo o município de Pelotas.

De acordo com Rutz (2015), os eventos mencionados, trouxeram muitos problemas socioeconômicos à população do município. Foram levantadas informações de casos, como: pessoas desabrigadas, desalojadas, perdas materiais, mortes e etc.

Dos fatos relatados, o ocorrido entre os dias 28 e 29 de janeiro de 2009, deixou um rastro de destruição muito grande. De acordo com informações do jornal Diário da Manhã (2009), apud Rutz (2015), entre outros danos, deixou um total de oito mortos.

A fim de se ter uma noção do ocorrido naquela data, apresenta-se a seguinte informação:

(...) após um grande período de seca, a chuva trouxe mortes, alagamentos, interrupção de fluxo de veículos nas estradas da zona rural de Pelotas. Em alguns locais choveu o esperado para seis meses. Ainda de acordo com o jornal Tradição Regional (2009) a média de chuva prevista para o mês de janeiro era de 107 mm, mas em 24 horas já havia chovido mais de 600 mm. As consequências dessa enxurrada levaram alguns municípios, entre eles Pelotas, a decretar situação de emergência. (JORNAL TRADIÇÃO REGIONAL de 2009, apud RUTZ 2015, p. 78).

Outras consequências desse fenômeno são apresentadas no item 3.4 referente as morfodinâmicas do relevo na área de estudos.

3.2.3 Hidrografia

No contexto hidrográfico, o município de Pelotas apresenta importantes recursos hídricos, a destacar a Lagoa dos Patos, Lagoa Pequena e o Canal São Gonçalo. Esses três corpos d'água são tributários dos cursos d'água oriundos do Escudo Sul-Rio-Grandense, e que configura a área de estudos.

Os cursos fluviais dos arroios Pelotas, Contagem, Correntes, Santa Bárbara e do arroio Fragata, acabam por concentrar os fluxos d'água vindos das áreas mais altas, do Escudo Sul-Rio-Grandense. O Santa Bárbara e o Pelotas deságuam no canal São Gonçalo, os arroios Contagem e o Correntes deságuam na Lagoa Pequena e o arroio Moreira deságua na Lagoa Fragata, a qual conecta-se com o canal São Gonçalo.

Tanto o canal São Gonçalo quanto a Lagoa Pequena tem ligação com a Lagoa dos Patos, e esta lagoa tem ligação com o oceano, constituindo um sistema hidrográfico do tipo exorréico. O mapa hidrográfico do município de Pelotas pode ser visualizado na Figura 18:

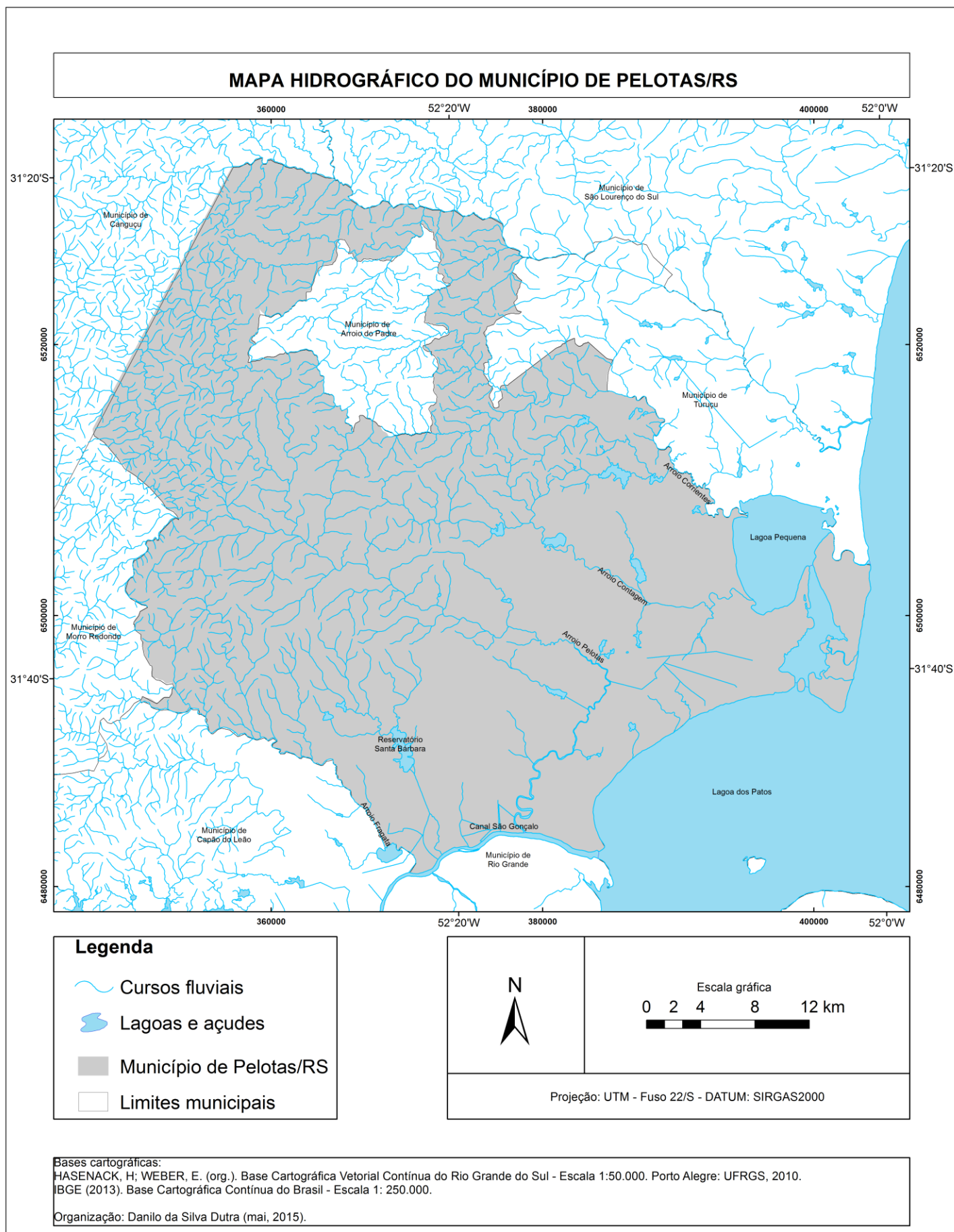


Figura 18: Mapa hidrográfico do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: o autor, 2015.

A partir da análise do mapa hidrográfico, observa-se duas regiões bastante distintas. Da região central para o norte do município, há uma densidade de cursos fluviais considerável, enquanto que na região sul são poucos os cursos fluviais. Isso se dá em consequência da mudança de relevo, do Escudo Sul-Rio-Grandense para a Planície Costeira onde os cursos fluviais são poucos, mas com maior volume d'água, em que se sobressai o arroio Pelotas.

Em geral, o município de Pelotas compreende uma grande quantidade de canais fluviais, concentrados principalmente no Escudo Sul-Rio-Grandense, porém são de pequena extensão e de pequeno volume d'água. Por essas condições morfométricas, os cursos fluviais do município de Pelotas são denominados de arroios, (ROSA, 1985).

Alguns dados morfométricos da hidrografia de Pelotas são pertinentes para mencionar. Nesse sentido, quantitativamente destaca-se que,

O maior arroio, que é o Pelotas, tem uma extensão de 60 Km; depois se destacam os arroios Correntes e Contagem, com 30 Km; também tem cerca de 30 Km o Arroio Moreira (Fragata), que forma o limite com o Município do Capão do Leão; e, finalmente, se destaca o Arroio Grande (Turuçu), que separa Pelotas de São Lourenço do Sul (50 Km), (ROSA, 1985 p. 87).

Por estarem situados numa área onde a geologia é mais ou menos homogênea, os cursos fluviais tem um aspecto predominantemente retilíneo, (ROSA, 1985). Esse aspecto característico é bastante notório na área do Escudo Sul-Rio-Grandense, onde a realidade da hidrografia pode ser entendida como padrão dendrítico, cuja sua definição "(...) é conhecida como arborescente pela sua semelhança com os galhos de uma árvore. Esse padrão desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais". (CUNHA, 2009, p. 225).

Como pode ser observado no mapa hidrográfico da Figura (18), os cursos fluviais no município de Pelotas seguem orientação geral oeste-leste. Conforme Rosa (1985), eles nascem na área do Escudo Sul-Rio-Grandense, na região da Serra dos Tapes localizada no município de Canguçu, a qual se constitui num divisor de águas que contabiliza uma altitude de cerca de 400 m, e por fim tem suas respectivas fozes no canal São Gonçalo e na Lagoa dos Patos.

Ainda que Rosa (1985) tenha considerado que os cursos fluviais do município de Pelotas tenham atingido seu nível de base, a partir do qual tende a prevalecer os processos de sedimentação em detrimento dos erosivos, do ponto de vista geomorfológico ainda há outras considerações a se fazer.

Considerando-se a existência de cota altimétrica de aproximadamente 400 m, onde estão as nascentes de muitos cursos fluviais da área de estudos, e cotas altimétricas que chegam a menos de 1 m onde se encontram as fozes de alguns deles, pode-se supor que existam gradientes consideráveis ao longo do perfil longitudinal dos cursos fluviais do município.

Através de trabalhos de campo, observa-se que em muitas regiões de cabeceiras de drenagem, há rupturas de declive bastante acentuadas, em regiões onde se tem notícias da existência de quedas d'água, e que inclusive despertam o turismo. Nesse sentido, destaca-se a cachoeira do Arco Íris, conforme Figura 19:

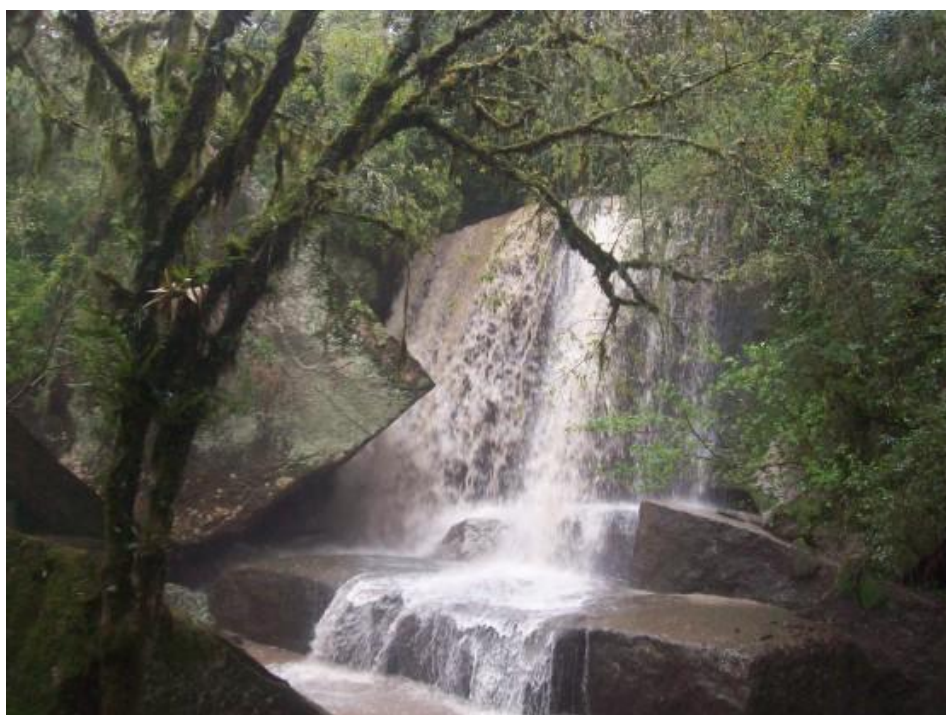


Figura (19): Cachoeira do Arco Íris.
Fonte: Pelotascolonial.com.br.

As características dos perfis longitudinais das cabeceiras de drenagem da área de estudos, ainda apresentam potencial erosivo tanto para o aprofundamento do próprio canal fluvial, da erosão das margens e encostas e para a produção de sedimentos.

A partir das informações hidrográficas levantadas ao longo desse subcapítulo, das considerações a cerca de potencial erosivo, também deve-se destacar que há atualmente um ambiente propício para o assoreamento dos cursos fluviais, principalmente do baixo curso, a destacar nas planícies alveolares e planícies fluviais. Tais condições poderão ainda ser aumentadas com a hipótese de ação antrópica inadequada.

É válido destacar que o aumento dos processos de sedimentação ocasiona não só o assoreamento dos canais fluviais, mas também dos tributários, como o canal São Gonçalo, e das lagoas dos Patos e Pequena. Isso é possível, principalmente quando da existência de eventos climáticos extremos, no caso de enxurradas principalmente, fato que foi averiguado no subcapítulo 3.2.2.1², que se refere a fenômenos e eventos climáticos extremos.

Cabeceiras de drenagem

Um aspecto importante a destacar relativo a hidrografia, refere-se ao número de cabeceiras de drenagem identificados na área de estudos. Numa área de 898,38 km², e numa escala de 1:50.000, foram identificadas 1587 cabeceiras de drenagem, o que significa que existe em média mais de uma dessas feições morfológicas por km².

Trata-se de porções estratégicas do ponto de vista geomorfológico. As cabeceiras de drenagem, na maioria das vezes, compreendem áreas úmidas ou banhados onde se situam os olhos d'água.

De acordo com Valente e Gomes (2005), apud Machado e Torres (2012, p.137),

nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, dando origem a cursos d'água. Diminuir o número delas significa, também, diminuir o número de cursos d'água e, consequentemente, reduzir a vazão total da bacia ou sua produção de água.

As cabeceiras de drenagem além de se constituírem em áreas úmidas ou de banhados, e conforme observado através de trabalhos de campo são áreas envoltas de coberturas florestais nativas. O comprometimento dessas áreas,

² Ver página 65.

certamente traria impactos ambientais irreversíveis, levando inclusive, ao esgotamento das nascentes.

Por se constituírem em áreas que apresentam declividades consideráveis, a remoção e ou alteração da vegetação original, além de levar ao esgotamento dos olhos d'água, também pode levar ao voçorocamento dessas áreas.

3.2.4 Pedologia

Na maioria das vezes, quando observamos a paisagem, nos deparamos com um visual bastante diversificado. Esse aspecto se dá em virtude da influência, entre outros condicionantes, dos tipos de solos.

Um exemplo comum para testemunhar os aspectos variados dos tipos de solos, é um corte no terreno (estrada). Ao observá-la, é possível distinguir que ao longo do percurso existem diferenças na cor do solo, com manchas mais claras, avermelhadas, outras mais escuras, e isso é um aspecto que se reflete para a definição dos solos.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, o solo

(...) é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas, (EMBRAPA, 2006, p. 32).

Como citado, o solo compreende os três estados da matéria e ocupa o manto superficial dos continentes. Conforme Palmieri e Larach (2010), os solos apresentam características (cor, textura e estrutura) bastante diversas, que podem variar de município para município ou até mesmo, dentro de uma parcela de terra cultivada.

São fatores que influenciam na gênese dos solos “A quantidade e a intensidade de chuva, radiação solar, temperatura, umidade, declividade do terreno, comunidades de plantas que nele se desenvolvem, afetam a natureza do solo em cada local”. (PALMIERI e LARACK, 2010, p. 70).

Conhecer os tipos de solos é importante para muitos fins. Pode ser útil para a agricultura (potencial produtivo) ou fragilidades (pobreza de matéria orgânica e potencial erosivo), e também para somar a outros estudos de

caráter mais complexo, a exemplo de estudos geomorfológicos, como objetiva esta pesquisa.

Nesse sentido, destaca-se que a caracterização dos solos da área de estudos se dará de acordo com o Mapa dos Solos de Pelotas sintetizado pela (EMBRAPA, 1996), também com as definições de Palmieri e Larack, (2010), e principalmente com base nos estudos desenvolvidos por W. G. Sombroek do Soil Studies In the Merin Lagoon Basin que sintetizados por Cunha e Silveira (1996).

De acordo com Cunha e Silveira (1996), a partir de análise do relevo e da geologia são identificadas no município de Pelotas três grandes zonas geomorfológicas, as zonas Alta, Central e das Planícies. Destas, predomina na área de estudos, as zonas Alta e Central.

Nas zonas supracitadas, conforme critérios precisados pelo autor da presente pesquisa e de acordo com o mapa de solos de Pelotas, elaborado pela Embrapa (1996), são encontrados predominantemente, as seguintes classes de solos: PODZÓLICOS, SOLOS ALUVIAIS, REGOSSOLOS e PLANOSSOLOS.

É importante ressaltar que algumas das classes de solos mencionadas, sofreram alterações, pois de acordo com a Embrapa (2006), os Podzólicos foram incluídos na classe dos Argissolos; os Solos Aluviais e os Regossolos, incluídos a classe dos Neossolos e os Planossolos permanecem com a mesma nomenclatura.

A fim de espacialização e caracterização das classes dos solos da área de estudos, se dá destaque a predominância e também ao primeiro nível (ordens) dos solos. A classe dos Regossolos é encontrada do centro ao norte e de localização bastante fragmentada; os Podzólicos são encontrados em praticamente todas as áreas; a classe do Planossolo situa-se praticamente em todas as áreas que fazem transição entre o Escudo e a Planície no município de Pelotas, e a classe dos Solos Aluviais concentra-se ao longo dos principais cursos fluviais.

O mapa dos solos do município de Pelotas pode ser conferido na Figura 20, e a caracterização das classes de solos pode ser conferida no Quadro 2:

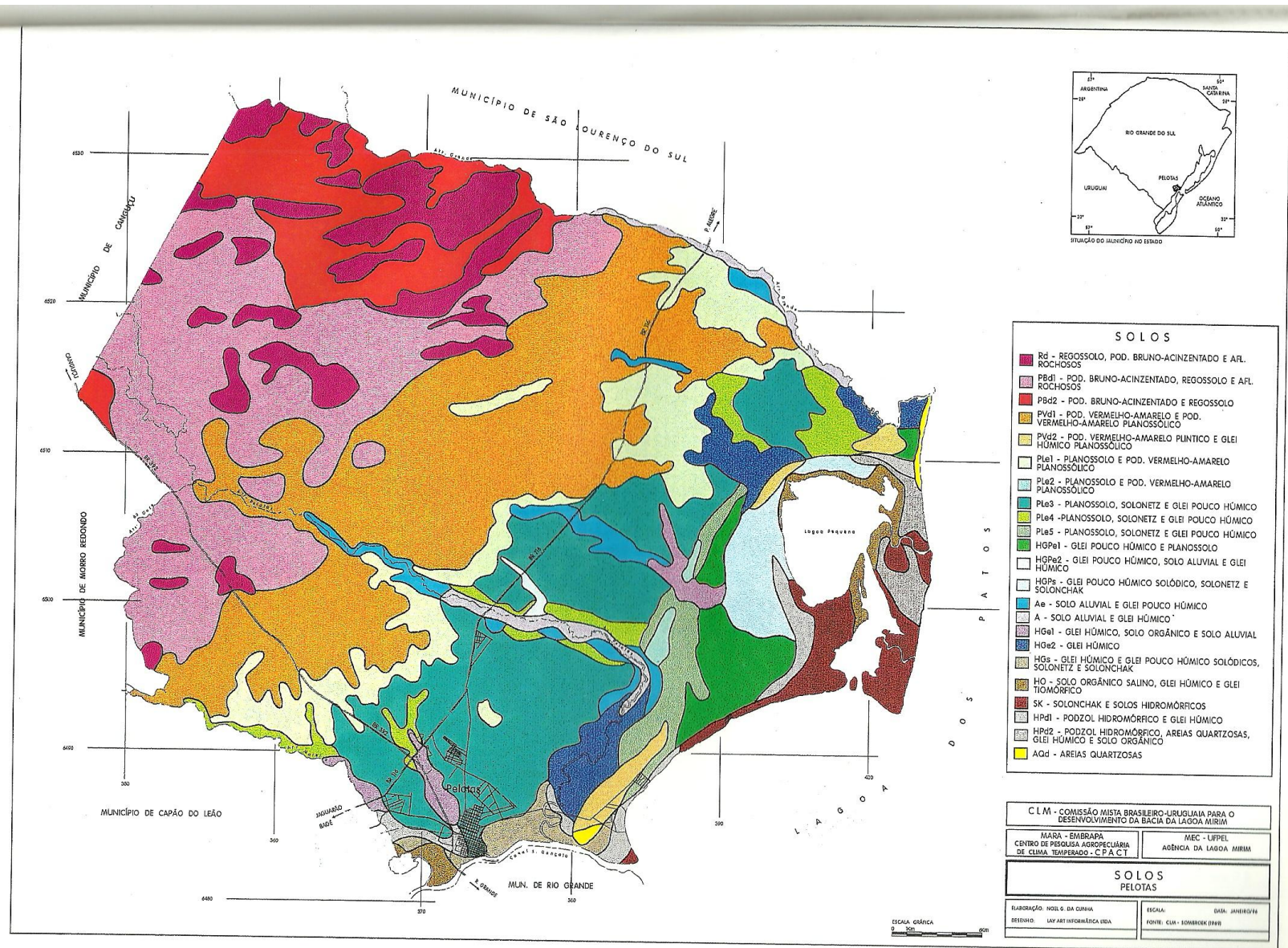


Figura 20: Mapa dos solos do município de Pelotas.
Fonte: Cunha e Silveira (1996).

EMBRAPA (1996)	EMBRAPA (2006)	Caracterizações (PALMIERI e LARACK, 2010)
PODZÓLICO BRUNO- ACINZENTADOS	ARGISSOLOS	Esta classe compreende solos minerais moderadamente drenados, com B textural bem nítido e com a parte superior escurecida. A atividade de argila é alta, isto é, acima de 24 mec/100g de argila após correção para carbono; a estrutura do Bt é formada por blocos bem desenvolvidos e apresentam abundantes argilans na superfície dos elementos estruturais. Ocorrência: Estes solos ocorrem em paisagens de superfícies suave onduladas e onduladas, sob vegetação de floresta perenifolia subtropical e campestre (...).
PODZÓLICO VERMELHO- AMARELOS		Esta classe compreende solos que apresentam horizonte diagnóstico B textural com sequência de horizonte A, Bt e C ou A, E Bt e C. Os horizontes são bem diferenciados e apresentam nítido gradiente textural, cujo incremento de argila do horizonte A para o Bt é facilmente perceptível. A textura, atividade da argila e fertilidade natural são muito variáveis. Em geral, predominam nas encostas côncavas e plano-inclinadas das superfícies onduladas e forte onduladas.
REGOSSOLO	NEOSSOLO REGOLÍTICO	Esta classe compreende solos poucos profundos, com sequência de horizontes A, C e R. Em geral, são de textura arenosa e cascalhenta com abundante ocorrência de minerais facilmente intemperizáveis. O horizonte A é fracamente desenvolvido com baixos teores de matéria orgânica. (...) as paisagens são bem diversificadas e ocorrem em superfícies de topografia plana a suave ondulada (...) Ocorrência: (...) no planalto Sul-Rio-grandense, com vegetação campestre.
SOLO ALUVIAL	NEOSSOLO FLÚVICO	Esta classe compreende indivíduos com horizontes pouco desenvolvidos e/ou camadas estratificadas de natureza argilosa, siltosa e/ou arenosa dependendo da natureza do sedimento. Apresentam drenagem interna variando de bem a imperfeitamente drenado e horizonte superficial de cor escura com teores médios de matéria orgânica. Os horizontes e/ou camadas apresentam cores vivas amareladas e/ou avermelhadas. As camadas mais profundas, em geral, expressam cores neutras acinzentadas associada à presença do lençol freático. Ocorrência: (...) em áreas adjacentes aos rios em superfícies praticamente planas e sob cobertura vegetal natural, em geral, florestal com fitofisionomia de aspecto perenifólio.

PLANOSSOLO	PLANOSSOLO	Abrange solos de drenagem deficiente com sequência de horizontes, preferencialmente, do tipo A, E, Bt ou Btg (horizonte B textural gleico) e C ou Cg e transição abrupta entre os horizontes E e B. Os horizontes A e E são, em geral, de textura arenosa e apresentam contrastes nítido com o horizonte B de textura mais argilosa. Apresentam feições associadas com drenagem imperfeita (cores cinzentas associadas a manchas avermelhadas e amareladas). (...) estão relacionadas à superfícies topográficas praticamente planas e suave onduladas, formando vales bem abertos com vertentes bastante suaves de centenas de metros. Ocorrência: No Rio Grande do Sul ocorrem nos Planaltos da Campanha Gaúcha e Sul-Riograndense com horizonte A bastante espesso do tipo chernozêmico e vegetação campestre.
------------	------------	--

Quadro (02): Atualização das nomenclaturas das classes de solos que predominam na área de estudos, e suas respectivas características.

Organização: o autor, 2016.

Como destacado no quadro supracitado, na área de estudos são encontrados neossolos regolítico e flúvico. Os neossolos regolíticos são “Solos com contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura” (EMBRAPA, 2006, p.181). Os neossolos flúvicos são “Solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico” (EMBRAPA, 2006, p. 181).

Como previamente mencionado, o estudo dos solos do município de Pelotas realizou-se conforme a definição das zonas geomorfológicas, detalhadas por Cunha e Silveira (1996). Na área de estudos compreende-se duas dessas zonas; a Zona Alta subdividida em Terras Altas Rochosas (SR); Terras Altas não Rochosas (SN); e Terras Altas não Rochosas Planas (S’N) e a Zona Central compreendida por Colinas Cristalinas (C). Essas zonas geomorfológicas serão destacadas no intuito de caracterizar os solos da área de estudos.

Num primeiro momento, destaca-se a Zona das Terras Altas Rochosas (SR), onde os solos predominantes são o PODZÓLICO Bruno-acinzentado distrófico. Essa zona geomorfológica constitui

(...) afloramentos rochosos e muitos solos rasos (Lithosols e Rhegosols), em proporções variáveis, dependendo, principalmente, do tipo de rocha matriz. Ocorrem também, em percentagens menores, solos menos rasos (fases rasas de Red Brown Luvic Phaeozom, Brunic Luvisol e Helvic ou (chromic Acrisol). Uma percentagem considerável da superfície é de afloramentos rochosos (sempre mais do que 5%), com ou sem vegetação de arbustos e mata baixa. A pastagem natural das terras altas rochosas, além de apresentar, muitas vezes, pedregosidade e invasoras, é, geralmente, de baixa qualidade, (CUNHA e SILVEIRA, 1996, p. 11).

Essa zona geomorfológica compreende relevo forte ondulado (declividade de 16%), com vegetação de mata latifoliar e lavouras. O material de origem dos solos são os granitos e migmatitos, caracterizando textura arenosa/media, pedregosidade de 5% e rochosidade de 10 a 15%, o que constitui uma zona com forte suscetibilidade à erosão, (CUNHA e SILVEIRA, 1996).

A zona supracitada compreende geologia do sistema cristalino, caracterizando-se geomorfologicamente por serras cristalinas, com situação do perfil de meia encosta. Porém, é importante destacar que na época da realização dos trabalhos por Cunha e Silveira (1996), ainda não havia sido destacado processos erosivos.

A Zona das Terras Altas não Rochosas (SN), em que os solos predominantes também são o PODZÓLICO Bruno-acinzentado distrófico, caracteriza-se

(...) pela ocorrência de solos muito rasos (Rhegosols e Lithosols). Os solos rasos formam, muitas vezes, associações importantes, enquanto que os solos profundos ou pouco profundos e quimicamente férteis ocupam normalmente, a menor percentagem de área (Red Brown ou Black Luvic Phaeozem). No geral, os solos são quimicamente pobres (Brunic ou Ferric Luvisol, Helvic ou Chromic Acrisol), (CUNHA e SILVEIRA, 1996, p.12).

Essa zona geomorfológica apresenta relevo forte ondulado (declividade de 16%) com vegetação de mata latifoliar e lavouras. O material de origem dos solos são os granitos e migmatitos, caracterizando textura média/argilosa, pedregosidade de 5% e rochosidade de 10 a 15%, o que também constitui uma zona com forte suscetibilidade à erosão, (CUNHA e SILVEIRA, 1996).

A zona supracitada compreende geologia do sistema cristalino, caracterizando-se geomorfologicamente por serras cristalinas, com situação do perfil de meia encosta. Porém, também é importante destacar que na época da

realização dos trabalhos, Cunha e Silveira (1996) ainda não haviam encontrado processos erosivos.

Com solos equivalentes aos apresentados pela Zona supracitada, a Zona das Terras Altas não Rochosas Planas (S'N) se diferencia por estar situada nos divisores d'água. Conforme o autor,

As diversas unidades possuem a mesma geologia e os mesmos solos das Terras Altas não Rochosas, mas a percentagem de solos profundos ou pouco profundos é maior (20% ou mais), enquanto que a rochosidade e a pedregosidade são menores. (CUNHA e SILVEIRA, 1996, p.14-15).

Pelas condições apresentadas, solos mais profundos e menor pedregosidade, as atividades agrícolas são mais bem adaptadas à essa zona.

Na Zona Central, das colinas Cristalinas, onde os solos predominantes são os PODZÓLICO Vermelho-amarelo distrófico,

Predominam os solos profundos, mas pode ocasionalmente, ocorrer pequena percentagem de solos rasos. A fertilidade química é variável, sendo os solos mais antigos menos férteis (Ferric Luvisol e Chromic Acrisol). Os afloramentos rochosos são poucos (menos de 1%), e a superfície não tem pedregosidade. (CUNHA e SILVEIRA, 1996, p.15).

A zona das colinas cristalinas apresenta relevo ondulado (declividade de 6-12%) com vegetação de gramíneas. O material de origem dos solos são os granitos, caracterizando textura média/argilosa com rochosidade e pedregosidade de 0,1%, o que constitui uma zona com moderada suscetibilidade à erosão, (CUNHA e SILVEIRA, 1996).

A zona supracitada compreende geologia do sistema cristalino, caracterizando-se geomorfologicamente por colinas cristalinas, com situação do perfil de meia encosta, numa região onde os cultivos aráveis são bastante significativos. Também é importante destacar que na época da realização dos trabalhos, Cunha e Silveira (1996) não haviam encontrado processos erosivos.

As considerações feitas no presente trabalho coadunam com as observações feitas por Rosa (1985, p. 68), pois conforme esse autor, "(...) por terem se originado de rochas graníticas, os solos deste município são, em geral, ácidos, exigindo assim, correção para sua utilização na agricultura".

Conforme o autor supracitado, as características dos solos de Pelotas se devem muito mais ao relevo e a geologia, do que ao clima e a hidrografia. Nas palavras do autor,

As condições climáticas, que apresentam chuvas regulares, são, em geral, boas para os solos. No verão, devido inclusive, à redução de chuvas, ocorre deficiência de umidade do solo. Já no inverno, quando chove mais, formam-se grandes banhados na parte mais baixa da planície (área do São Gonçalo e dos arroios Pelotas, Contagem e Correntes), restringindo, assim, o espaço cultivável. Mas, mesmo nesses casos, a influência predominante é do relevo e da estrutura geológica, e não do clima ou da hidrografia, (ROSA, 1985, p. 69).

A análise das características gerais dos solos que se apresentam na área de estudos contribui para um diagnóstico das condições ambientais da área em questão. A partir da análise pedológica, considera-se que a área de estudos apresenta um quadro de fragilidade ambiental considerável, onde a maior parte das zonas geomorfológicas estudadas apresenta forte suscetibilidade à erosão, e com isso, à degradação dos solos.

Por fim, os estudos pedológicos no presente trabalho, servirão como provimento de bases para diagnósticos ambientais, a serem desenvolvidos nos itens subseqüentes.

3.2.5 Usos e coberturas da terra

Antes de apresentar o produto oriundo da pesquisa sobre os usos e coberturas da terra sobre a área de estudos, é importante apresentar a definição a cerca desse conceito. De acordo com o (IBGE, n.p, 2013) “O levantamento da Cobertura e do Uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre”.

De modo a contribuir com os objetivos dessa pesquisa, apresenta-se na Figura 21, o mapa dos usos e coberturas da terra da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS, compartimentado em cinco classes, sendo elas: mata nativa, cobertura herbácea, solo exposto, corpos d’água e silvicultura.

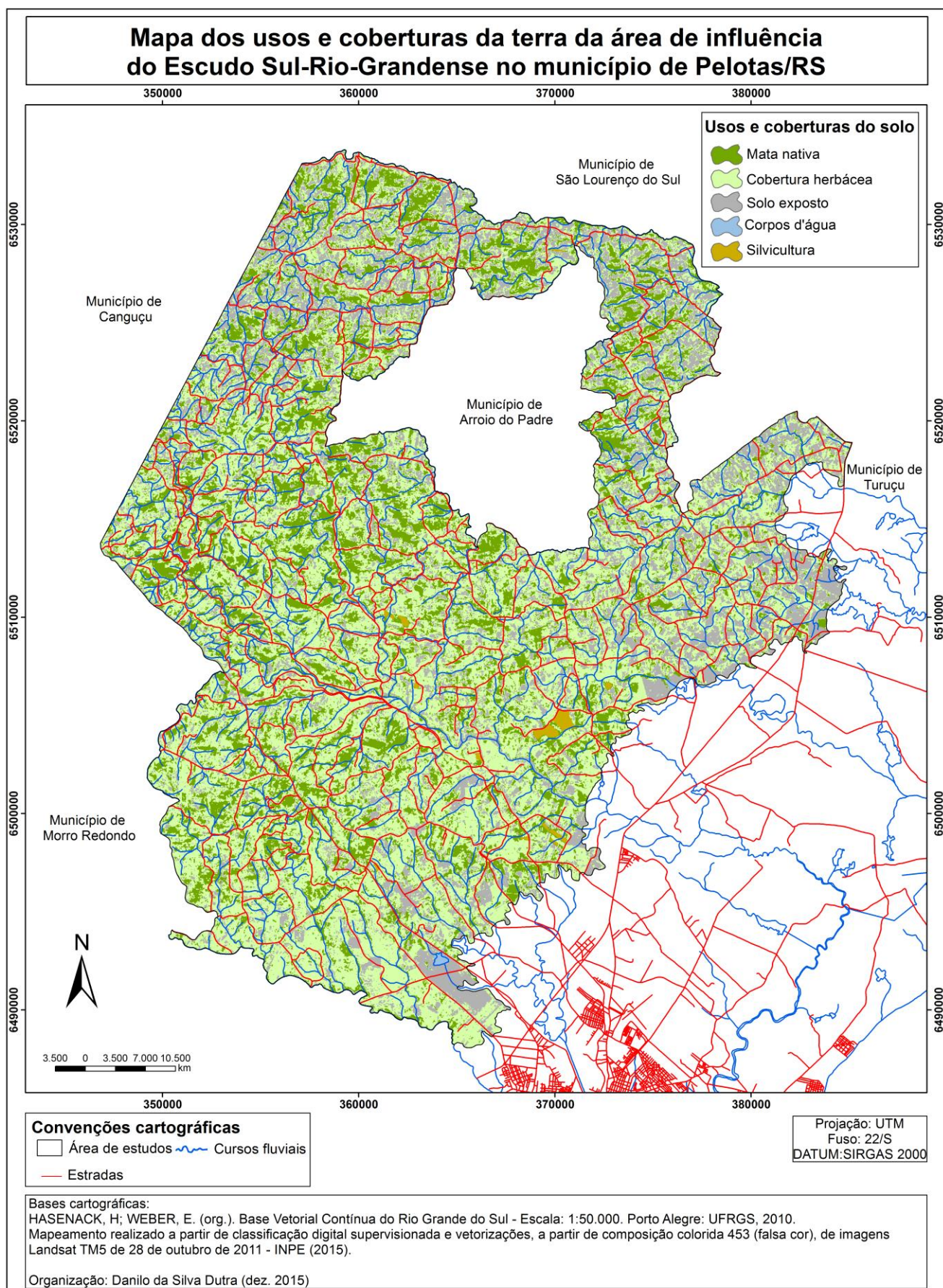


Figura 21: Mapa dos usos e coberturas da terra da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.
Elaboração: O autor, 2015.

Analisando o mapa supracitado, observa-se que há uma quantidade expressiva da classe de cobertura herbácea. De uma área total de 898,38 km², a classe da cobertura herbácea equivale a 488,72 km² o que representa mais de 50% da área de estudos, e apresenta-se espacializada em todas as regiões, predominantemente no centro sul dessa área.

Com dimensões também expressivas, destaca-se a classe de solo exposto a qual corresponde a mais de 200 km², que equivale a 23,4% da área de estudos. Essa classe apresenta-se em todas as regiões, mas predomina no norte, nordeste e sudeste daquela área.

Continuando a espacialização, a classe da mata nativa corresponde a 195,63 km², ou seja, mais de 20% da área de estudos e apresenta-se bem distribuída por toda essa área. Pouco expressiva, a classe da silvicultura apresenta-se com 2,48 km² o que corresponde a menos de 0,5% da área de estudos, e apresenta-se espacializada em regiões pontuais do centro sul dessa área.

Com características espaciais semelhantes a da silvicultura, a classe dos corpos d'água, com área de 1,39 km², que corresponde a menos de 0,5% da área de estudos, apresenta-se espacializado em regiões pontuais, principalmente no centro sul dessa área. Para melhor compreensão desses dados, observe a Figura 22 e o Quadro 3:

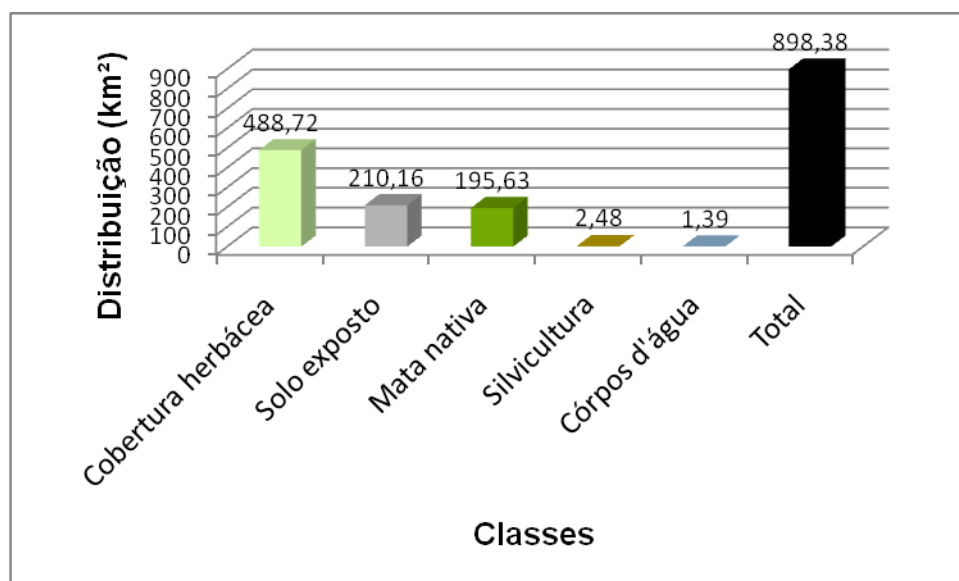


Figura 22: Dados relativos aos usos e coberturas da terra da área de estudos.
Organização: Danilo da Silva Dutra.

Usos e coberturas da terra	Distribuição (km²)	Distribuição (%)
Cobertura herbácea	488,72	54,4
Solo exposto	210,16	23,4
Mata nativa	195,63	21,8
Silvicultura	2,48	0,26
Córpos d'água	1,39	0,14
Total	898,38	100

Quadro 3: Quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de estudos.

Organização: Danilo da Silva Dutra.

Do ponto de vista geomorfológico, considera-se a classe da cobertura herbácea, mata nativa e silvicultura, menos vulneráveis a processos morfodinâmicos do relevo, pois de modo geral, favorecem processos de interceptação e infiltração das águas das chuvas. Por outro lado, a classe de solo exposto chama a atenção, pois compreende entre outros aspectos, solo desnudo, estradas e áreas agrícolas com solo revolvido.

Quando da ocorrência de eventos pluviométricos com índices elevados, as áreas de solo exposto favorecem a formação de crostas no solo e o desenvolvimento de fluxos hídricos superficiais.

Por fim, destaca-se que o levantamento dos usos e coberturas da terra fornece informações para dissertação das morfodinâmicas do relevo. Esta questão será aprofundada no item (3.4), que trata das 'Morfodinâmicas do relevo da área de estudos'.

3.3 Cartografia de dados morfológicos do relevo da área de estudos

3.3.1 Padrões de formas semelhantes de relevo: elementos morfológicos

No contexto do estudo dos elementos morfológicos destacam-se os anáglifos para área do município de Pelotas, que primeiramente são utilizados como auxílio para a identificação mais precisa dos divisores d'água e rupturas de aclave/declive.

Os mesmos, também foram aproveitados como auxílio na identificação de características de topos, bem como na identificação de alguns padrões de formas semelhantes do relevo, como as cabeceiras de drenagem. O mapa com os anáglifos pode ser visualizado na Figura 23:

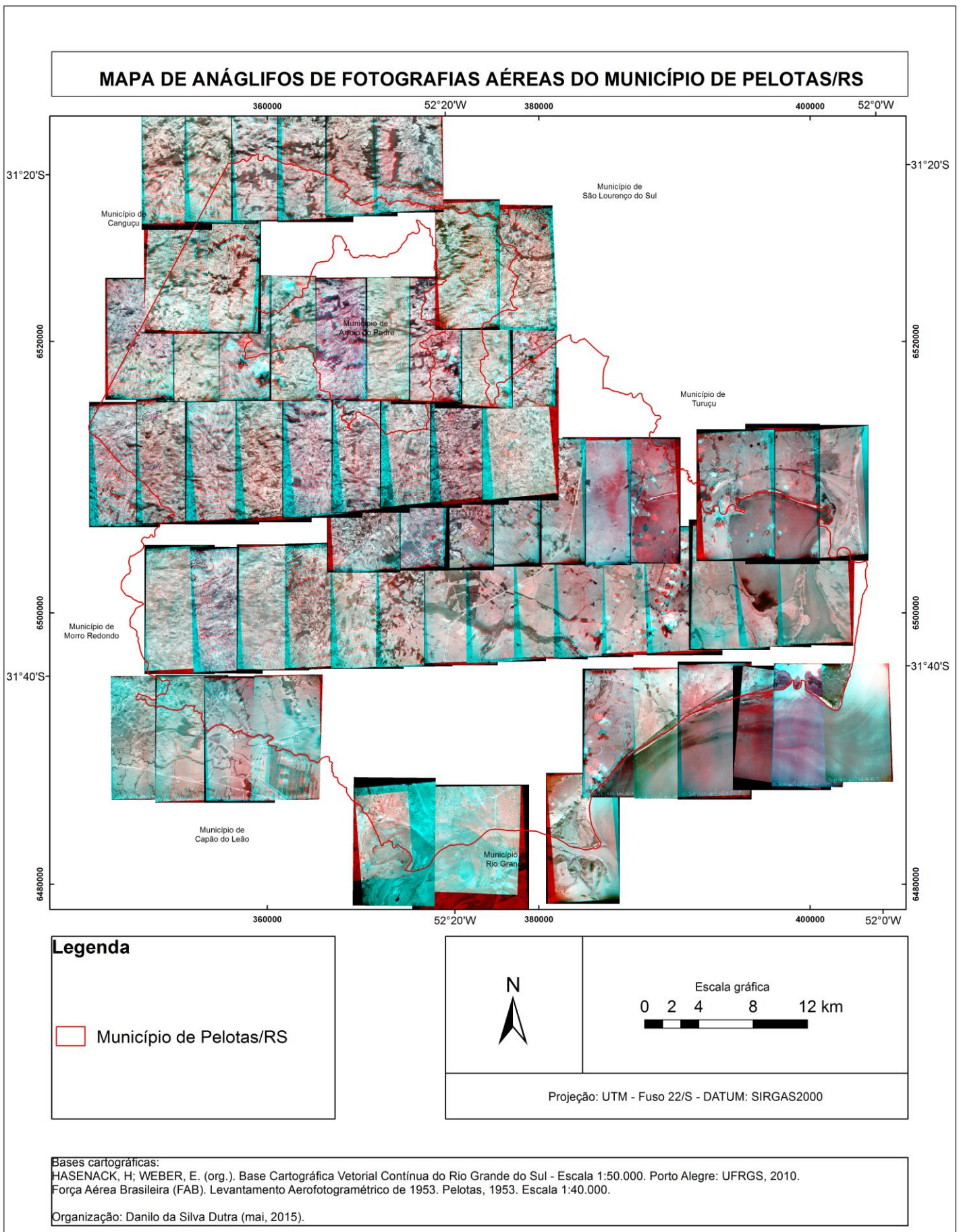


Figura 23: Mapa de anáglifos de fotografias aéreas do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: o autor, 2015.

A transição dos tipos de relevo no município de Pelotas é bastante evidente. A diferença existente entre a área da morfoescultura do Escudo Sul-Rio-Grandense e a Planície Costeira do Rio Grande do Sul são marcadas por uma amplitude altimétrica de 397 metros.

Nesse caso, a cota máxima é registrada próximo do limite com o município de Canguçu/RS, pela cota altimétrica de 398 metros. A cota mínima é registrada em local próximo ao canal São Gonçalo, cota altimétrica de 1 metro, (HASENACK e WEBER, 2010). A espacialização dos dados topográficos pode ser observada no mapa de elementos topográficos do município de Pelotas, Figura 24.

No intuito de uma apresentação mais detalhada desses dados, as curvas de nível de eqüidistâncias de 20 metros, foram espacializadas em 20 classes hipsométricas. Observa-se, no Quadro 4 e na Figura 25, que no município de Pelotas predominam as áreas de valores altimétricos considerados baixos, entre 0 e 20 metros, que correspondem a 713,97 km², ou seja, mais de 44% da superfície do município.

Classes hipsométricas (metros)	Área (km ²)	Distribuição (%)
0 a 20	713,97	44,35
20 a 40	191,55	11,9
40 a 60	116,46	7,23
60 a 80	92,4	5,74
80 a 100	78,67	4,89
100 a 120	70,19	4,36
120 a 140	54,21	3,37
140 a 160	50,13	3,11
160 a 180	44,74	2,78
180 a 200	49,7	3,09
200 a 220	42,12	2,62
220 a 240	42,33	2,63
240 a 260	26,3	1,63
260 a 280	19,12	1,19
280 a 300	11,12	0,69
300 a 320	3,57	0,22
320 a 340	1,68	0,1
340 a 360	1,04	0,06
360 a 380	0,42	0,04
380 a 400	0	0
Total	1609,72	100

Quadro 4: Informações da hipsometria do município de Pelotas.
Organização: Danilo da Silva Dutra.

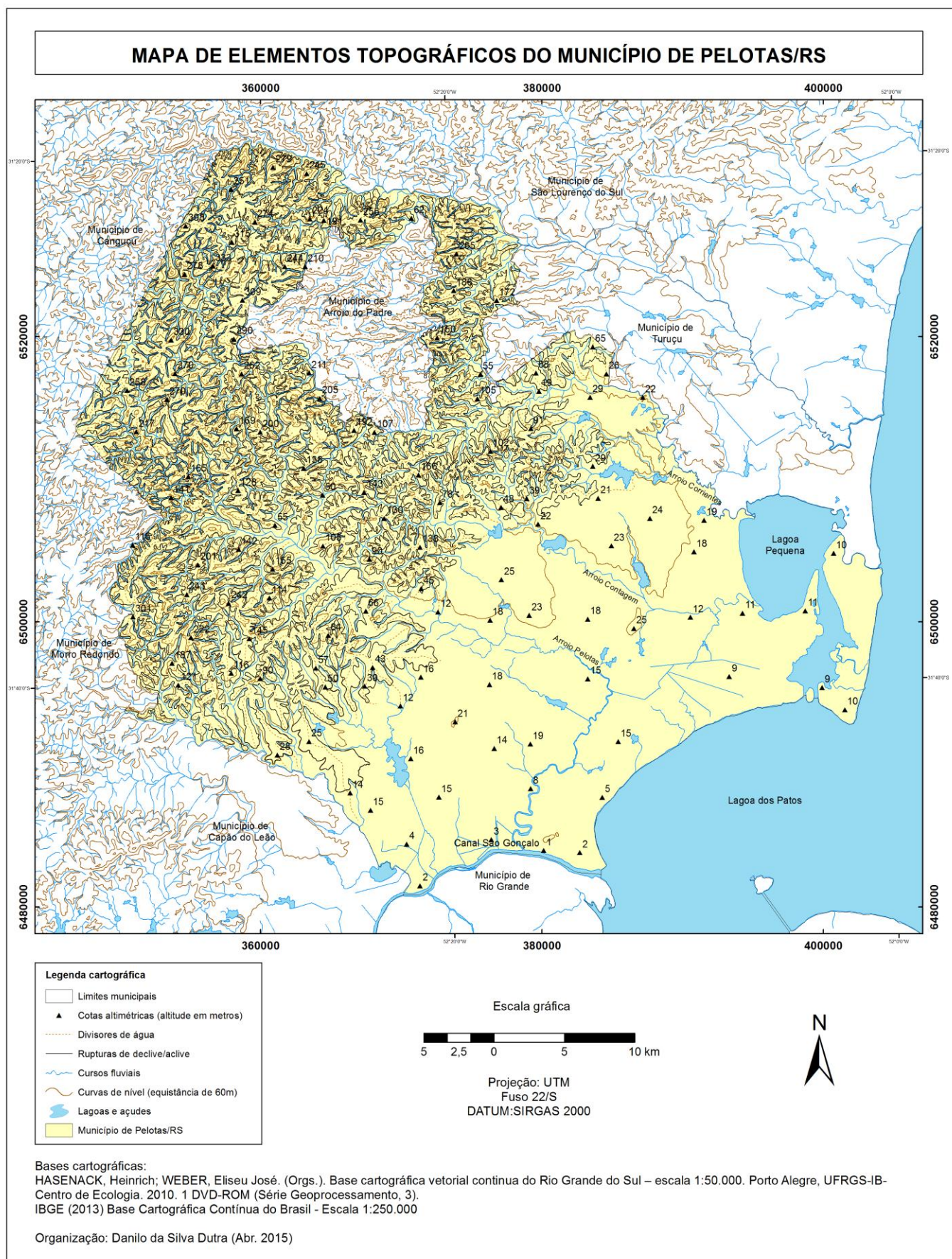


Figura 24: Mapa de elementos topográficos do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: O autor, 2015.

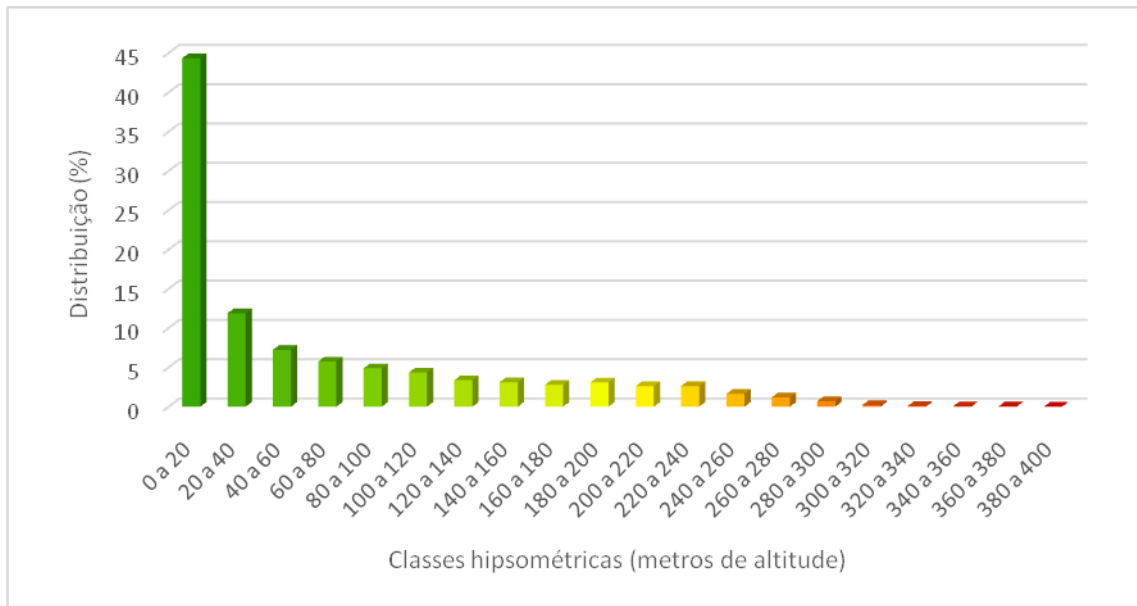


Figura (25): Distribuição percentual das classes hipsométricas do município de Pelotas/RS.
Organização: Danilo da Silva Dutra.

Conforme as informações apresentadas observa-se que há um decréscimo considerável entre as classes hipsométricas predominantes (0-20) metros, que equivalente a mais de 44% do município de Pelotas, com relação as demais classes. Destaca-se nesse sentido, a classe hipsométrica dos (20-40) metros que equivalente a (195,55) km², o que corresponde a pouco mais de 11% da área total do município. Uma realidade percentual decrescente, portanto, é o que predomina com relação às demais classes hipsométricas.

As vertentes de maiores altitudes estão situadas predominantemente na região oeste e principalmente no noroeste do município. A espacialização desses dados pode ser visualizada no mapa hipsométrico da Figura 27.

No intuito de um refinamento das informações morfométricas, apresenta-se as informações sobre as declividades das vertentes. São predominantes no município de Pelotas, declividades menores que 02%, as quais contabilizam uma superfície de 1001,49 km² ou mais de 62% da área deste município.

A classe clinográfica consecutiva que equivale as vertentes com declividades entre 10 a 20%, corresponde a pouco mais de 255 km² ou aproximadamente 16% da área do município de Pelotas. Nesse aspecto, espacialmente e predominantemente, as classes clinográficas ocorrem na seguinte ordem: (<2%); (10 a 20%); (5 a 10%); (20 a 30%); (2 a 5%); (30 a 40%) e (> 40%), respectivamente.

A distribuição das classes de declividades das vertentes pode ser observada no Quadro 5, Figura 26 e visualizada no mapa clinográfico da Figura 28.

Classes clinográficas (%)	Área (km²)	Distribuição (%)
< 2	1001,49	62,22
2 a 5	79,14	4,91
5 a 10	157,5	9,78
10 a 20	255,09	15,85
20 a 30	81,19	5,04
30 a 40	25,52	1,59
> 40	9,79	0,61
Total	1609,72	100

Quadro 5: Informações das classes clinográficas da área do município de Pelotas/RS.

Organização: Danilo da Silva Dutra.

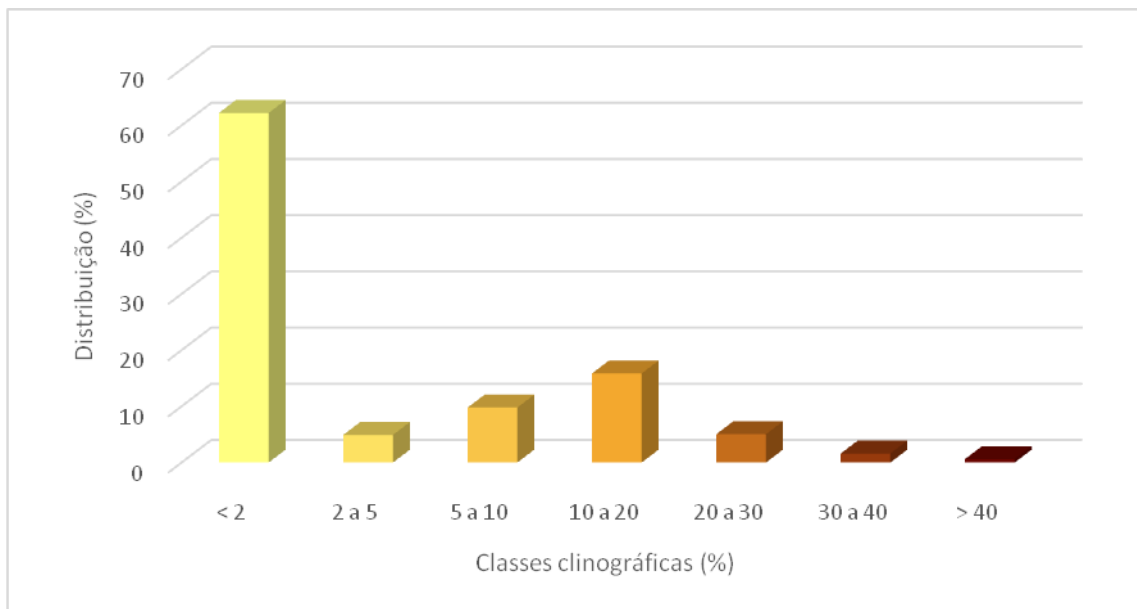


Figura (26): Distribuição percentual das classes clinográficas do município de Pelotas/RS.
Organização: Danilo da Silva Dutra.

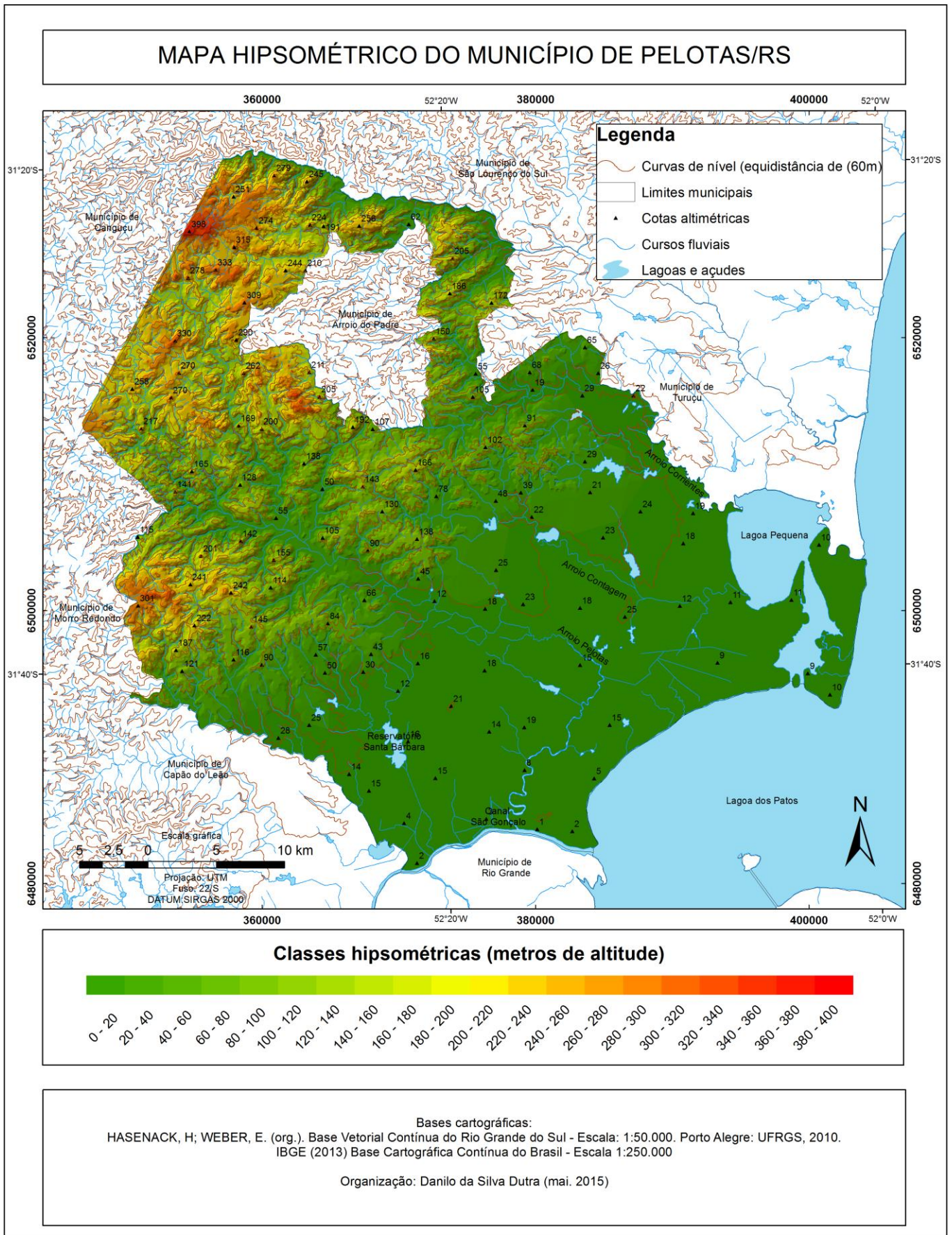


Figura (27): Mapa hipsométrico do município de Pelotas/RS.
Elaboração: O autor, 2015.

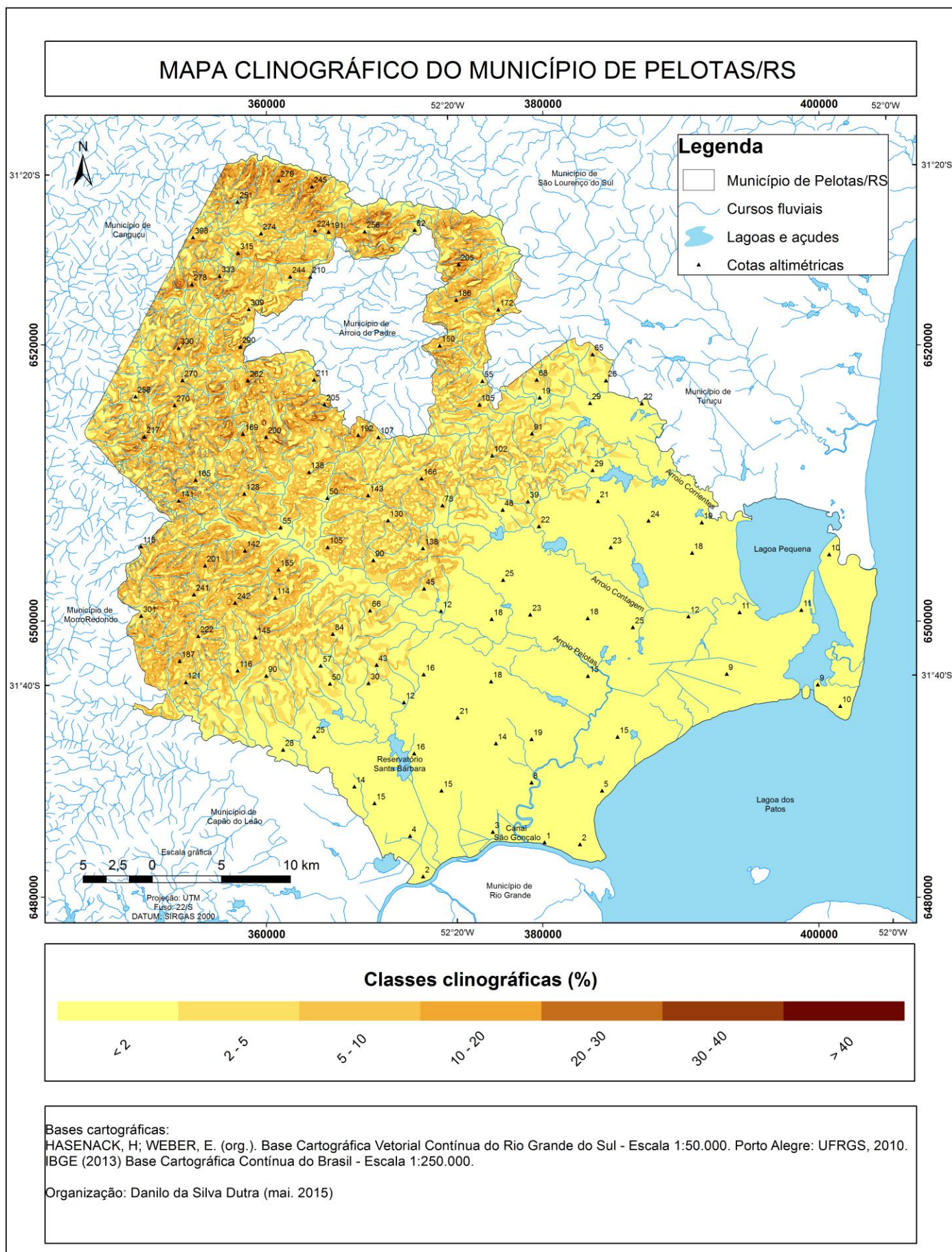


Figura (28): Mapa clinográfico do município de Pelotas/RS.
 Elaboração: O autor, 2015.

Conforme pode ser observado no mapa clinográfico, no sul do município de Pelotas predominam declividades baixas (menores que 2%), enquanto que as maiores declividades estão situadas no extremo norte. Na parte central do município são encontradas declividades médias, enquanto que na parte centro oeste caracterizam-se declividades médias a altas.

A partir da comparação entre os dados de clinografia, hipsometria e dos elementos topográficos, foram identificados seis padrões morfométricos de relevo. Esses padrões foram definidos de acordo com o critério da predominância, e conforme são apresentados: padrão de relevo de declividades baixas (<5%), com altitudes baixas (<40m); padrão de relevo de declividades baixas (<5%), com altitudes variáveis; padrão de relevo com declividades e altitudes variáveis; padrão de relevo com declividades baixas (<10%), com altitudes entre (20-60m); padrão de relevo com declividades altas, entre (20-30%), com altitudes entre (60-140m) e padrão de relevo com declividades altas (>30%) com altitudes entre (100 e 300m).

A identificação desses padrões morfométricos de relevo foi realizado no intuito de se orientar a definição dos padrões de formas semelhantes do relevo. Concomitante a identificação destes padrões, também foi definida a área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas.

Nesse contexto, a partir da observação dos divisores d'água, dos talwegues e a partir das delimitações das rupturas de aclave/declive, foram identificados os padrões de formas semelhantes do relevo em morros, morrotes, colinas, planícies fluviais, planícies alveolares, cabeceiras de drenagem e *hollows*.

Para a definição dos padrões em morros, morrotes e colinas, procurou-se seguir as orientações metodológicas de Florenzano (2008). Essa autora estabelece que “médias elevações do terreno, com domínio de topos arredondados, amplitudes entre 100 m e 200 m e declividades altas” caracterizam os morros, (FLORENZANO, 2008, p. 13). Por outro lado, “baixas elevações do terreno, com domínio de topos arredondados, amplitudes entre 20 m e 60 m e declividades altas” caracterizam os morrotes, (FLORENZANO, 2008, p. 13).

Quanto aos padrões em colinas, se constituem por “baixas elevações do terreno, com topos arredondados a quase planos, amplitudes entre 20 m e 60 m e declividades baixas”. (FLORENZANO, 2008, p. 13).

De acordo com tais orientações metodológicas, ainda que em muitos casos tenha havido generalizações a cerca de parâmetros morfométricos, na prática os

padrões de relevo mencionados, apresentam as seguintes características morfométricas: as porções do relevo identificadas por declividades altas (>30%) e altitudes entre (100 e 300 m), caracterizam os morros.

As áreas do relevo que também apresentam declividades altas, entre (20-30%), mas com altitudes entre (60-140 m) caracterizam os padrões em morrotes. As porções do relevo que apresentam declividades baixas (2-10%) e altitudes entre (20-60 m), caracterizam morfometricamente os padrões em colinas.

Noutro contexto, o mapeamento dos padrões do relevo em planícies, a orientação metodológica fundamentou-se em Guerra e Guerra (2008). Os padrões em planícies foram mapeados em planícies fluviais, planícies alveolares, cabeceiras de drenagem e *hollows*.

De acordo com Guerra e Guerra (2008, p. 492), as planícies constituem-se em “(...) extensão de terreno mais ou menos plano onde os processos de aggradação superam os de degradação”. Conforme a mesma fonte, as cabeceiras de drenagem em anfiteatro

Referem-se a bacias, ou vales não canalizados, denominados bacias de ordem zero. São caracterizados por uma conformação topográfica côncava em planta, correspondentes aos primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais fluviais de 1º ordem. (GUERRA e GUERRA, 2008, p. 97).

Concomitante ao mapeamento das cabeceiras de drenagem em anfiteatro, também considera-se o mapeamento de padrões de relevo em *hollows*. Estes são caracterizados como “(...) a parte central da cabeceira de drenagem, em anfiteatro, ou qualquer outra área da encosta, cujos contornos são côncavos em planta e perfil”. (GUERRA e GUERRA, 2008, p. 341).

Os alvéolos, que mapeados como planícies alveolares, e que situados no intervalo entre as cabeceiras de drenagem e as planícies fluviais, são definidos como “(...) secções alargadas de um vale, geralmente entulhadas de sedimentos. Este compartimento maior é produzido pela existência de barras resistentes, ocasionando estrangulamentos”. (GUERRA e GUERRA, 2008, p. 39).

Além das definições de Guerra e Guerra (2008), para os padrões de relevo em planícies, estes também apresentam outras características morfométricas que os caracterizam.

O padrão de relevo em planícies fluviais apresentam declividades baixas (<5%) e altitudes baixas (<40 m). As planícies alveolares apresentam declividades

baixas (<5%) e altitudes variáveis, enquanto que as cabeceiras de drenagem apresentam declividades e altitudes variáveis.

Os padrões de formas semelhantes mapeados a cerca da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas, podem ser visualizados no mapa da Figura 30.

Conforme a espacialização destes padrões de formas semelhantes do relevo na área de estudos há destaque para os padrões em morros, que são encontrados em todas as regiões, entretanto menos expressivos no sul e sudeste. Estes padrões compreendem 309,23 km² ou 34,42% da área de estudos.

Também ocupam área expressiva, as planícies alveolares com 225,96 km² ou 25,16%. Estes e outros dados quantitativos podem ser conferidos no Quadro 6 e na Figura 29.

Padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS	Área (km ²)
Planícies fluviais	63,72
Planícies alveolares	225,96
Cabeceiras de drenagem e <i>hollows</i>	59,68
Colinas	67,87
Morrotos	171,92
Morros	309,23
Total	898,38

Quadro 6: Informações quantitativas dos padrões de formas semelhantes da área de estudos. Organização: Danilo da Silva Dutra

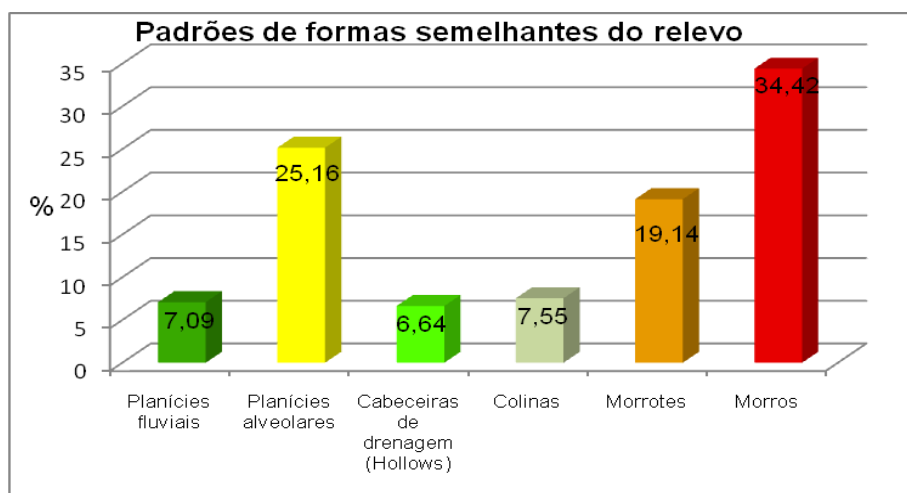


Figura (29): Informações percentuais dos padrões de formas semelhantes de relevo da área de estudos. Organização: Danilo da Silva Dutra.

Os padrões de formas semelhantes em morrotes também ocupam área expressiva, 171,92 km² ou 19,14% da área de estudos. Apresentam-se em todas as orientações, mas predominam no sul destacando-se na transição com as colinas e planícies fluviais.

As colinas apresentam-se no sul e sudeste da área de estudos, e fazendo transição, predominantemente, com morrotes e planícies alveolares. Ocupam uma área de 67,87 km² ou 7,55% da área de estudos. As planícies fluviais predominam no sul e nos extremos norte e nordeste, perfazendo os baixos cursos dos principais cursos fluviais e ocupam uma área de 63,72 km² ou 7,09%.

Ocupando menor superfície, as cabeceiras de drenagem e *hollows* são encontradas em todas as orientações da área de estudos. Estes padrões de formas semelhantes do relevo compreendem uma área de 59,68 km² ou 6,64%.

A seguir, nos quadros 7 e 8, são apresentados registros fotográficos que representam cada um dos padrões de formas semelhantes mencionados ao longo do subcapítulo.

	No primeiro plano, destaca-se padrões em colinas, e no segundo plano, padrão em morros e morrotes do complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°38'00.68" S; e 52°26'51.62" O. Orientação: N-NO. Fonte: O autor, 2016.
	No segundo plano, padrões de relevo em morros do Granito Arroio Moinho. Coordenadas geog.: 31°24'23.7" S e 52°30'46.2" W. Orientação: W-NO. Fonte: O autor, 2016.

	Planície alveolar do Arroio Quilombo. Coordenadas geog.: 31°31'47,68"S e 52°28'25.21"O. Fonte: Oliveira, 2016.
---	---

Quadro 7: Registros fotográficos ilustrativos das unidades de relevo em morros, morrotes, colinas e planícies alveolares mapeadas na área de estudos.

	Planície fluvial do Arroio Pelotas Coordenadas geog.: 31°34'21.54"S e 52°27'45.99"O Fonte: o autor, 2016.
	Cabeceiras de drenagem. Coordenadas geog.: 31°28'00.72"S e 52° 30'21.53"O. Fonte: Google Earth, março de 2016.

		Cabeceira de drenagem. Coordenadas geog.: 31°32'07.3" S e 52°34'08.0" W. Orientação: SW-W. Fonte: O autor, 2016.
---	--	---

Quadro 8: Registros fotográficos ilustrativos das unidades de relevo em planícies mapeadas na área de estudos.

Portanto, conforme os registros fotográficos apresentados nos quadros 7 e 8 destacam-se exemplos pra todas as unidades de relevo mapeadas na área de estudos.

3.3.2 Compartimentos de relevo: elementos morfocronogenéticos e morfológicos

As ideias apresentadas no subcapítulo da evolução geológica geomorfológica regional contribuíram para o entendimento da morfogênese e da morfocronologia do relevo. Esses conhecimentos foram necessários para a compartimentação das unidades dos padrões de formas semelhantes do relevo.

A seguir, é apresentado um quadro com as unidades de relevo, de acordo com as respectivas morfogêneses.

Morfocronologia			Unidades de relevo	Morfogêneses predominantes
C E N O Z Ó I C O	Q u a t e r n á r i o / T e r c i á r i o	H o l o c e n o / P l a t e i c e n o	Planícies fluviais	Depósitos coluviais e aluviais
			Planícies alveolares	Material elúvio, colúvio e aluvionar
			Cabeceiras de drenagem, <i>hollows</i> e colinas	Material elúvio e coluvionar
			Morros	Suíte Intrusiva Dom Feliciano (Fáceis Cerro Grande)
			Morrotes	
			Morros	Suíte Intrusiva Dom Feliciano (Fáceis Serra do Herval)
			Morrotes	
			Morros	Granito Arroio Moinho
			Morrotes	
			Morros	Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado)
			Morrotes	
			Colinas	

Quadro 9: Quadro morfocronológico e morfogenético das unidades de relevo da área de estudos. Organização: Danilo da Silva Dutra.

Conforme a evolução geológica-geomorfológica regional, o Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas, foi originado em consequência da colisão dos antigos continentes sul americano (Cráton Rio de La Plata) e africano (Cráton do Kalahari). Esta colisão ocasionou a formação de um cinturão orogênico (Dom Feliciano), o qual tinha uma conformação equivalente a Cordilheira do Himalaia. (MENEGAT et al,1998).

O episódio da formação do Cinturão Dom Feliciano ocorreu durante os períodos do Proterozóico Superior e do Fanerozóico entre 900 e 500 milhões de anos. Durante o referido processo, ocorreram inúmeras atividades tectônicas, as quais formaram os diversos tipos de elementos rochosos existentes na área de estudos, (MENEGAT et al, 1998).

Com a estabilização das atividades magmáticas, sobressaem-se os agentes intempéricos e erosivos, os quais rebaixaram o Escudo Sul-Rio-Grandense.

Na atuação dos processos morfogenéticos destacam-se as zonas de falhas, fraturas ou fissuras geológicas. A rede de drenagem se encaixa nas zonas de fraquezas da estrutura geológica.

Zonas de contato entre diferentes unidades litológicas também se comportam como “zonas de fraqueza” estruturais, mais suscetíveis as intempéries climáticas e processos fluviais.

Falhas geológicas condicionam/orientam a rede de drenagem, a partir da qual, o relevo da área de estudos é dissecado, dando feição as planícies fluviais, alveolares, cabeceiras de drenagem e *hollows*. Destaca-se que nas cabeceiras de drenagem ainda se observam controles estruturais e lineamentos geológicos.

A cerca dos processos denudacionais, e tomando como referência a rede hidrográfica, observa-se que a mesma se apresenta num estágio bastante evoluído. São inúmeros os canais fluviais, a começar pelo número de 1587 cabeceiras de drenagem mapeadas na escala de 1:50.000.

Além de consideração sobre a hidrografia, também se destaca a influência dos episódios de glacio-eustatismo. A cerca desses episódios, quando do aumento do nível oceânico, ou glacio-eustatismo positivo, certamente houve um levantamento do nível de base dos canais fluviais.

Para um melhor entendimento das conseqüências do glacio-eustatismo positivo, pode-se fazer a comparação aos efeitos provocados pela instalação de uma barragem sobre um curso fluvial. Além de levantar o nível de base local, a construção de uma barragem leva ao assoreamento do canal fluvial principal, inclusive de seus afluentes, (CUNHA, 2009).

Do contrário, quando do movimento de glacio-eustatismo negativo, ou recuo das águas oceânicas, há a diminuição do nível de base dos cursos fluviais. Esse evento provoca aumento de gradiente ao longo do perfil longitudinal.

Como consequência dos movimentos de glacio-eustatismo negativo, há um aumento na velocidade das águas, o que provoca aceleração da erosão dos canais fluviais. Isso provoca um aprofundamento desses canais, transportando consigo uma maior carga sedimentar em direção a jusante.

Os episódios de transgressão e regressão marinha, conforme Tomazelli & Villwock (2000), ocorreram nos últimos 400 mil anos. Considerando essa informação, esses eventos são umas das causas mais recentes de alteração dos processos fluviais, de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Além dos fatores anteriormente mencionados, o clima é um dos aspectos mais atuantes na transformação do relevo. Atualmente suas características, são bastante favoráveis aos processos intempéricos.

Nesse contexto, das condições climáticas atuais, três condicionantes merecem destaque, trata-se da umidade relativa do ar, da amplitude térmica e dos índices pluviométricos. Com um índice de umidade relativa média do ar superior a 80%, índices pluviométricos anuais médios acima de 1300 mm e amplitude térmica acentuada, são fortes atuantes para o intemperismo do manto. O referido aspecto é verificado *in situ* pelos estágios bastante avançados de meteorização.

Destaca-se, contudo, que a alteração regolítica também está associada ao expressivo comprimento de rampa das vertentes, as quais associadas as baixas e médias declividades, favorecem os processos de infiltração das águas das chuvas. Tal apontamento pode ser observado na Figura 31.



Figura 31: Meteorização do regolito no morro do complexo granítico-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado).
Coordenadas geog.: 31°38'05.19"S; e 52°27'00.80"W
Orientação: NE.
Fonte: O autor, 2016.

O resultado de fatores mencionados como a hidrografia, glacio-eustatismo e da atuação das diferentes condições climáticas, oportunizam as condições necessárias para o desgaste do relevo, e a partir das características das diferentes unidades litoestratigráficas, constituem as condições para a individualização das unidades de padrões de formas semelhantes do relevo.

Nesse sentido, e como consequência da denudação das unidades litoestratigráficas, e pelas diferenças de resistência das mesmas, destacam-se as unidades de relevo em morros, morrotes e colinas.

Nessas unidades de relevo mencionadas, é comum a visualização de lajeados e campos de matacões, conforme Quadro 10. Estes dão um indicativo do estágio de dissecação em que foi submetido o relevo.

	Campo de matacões sobre morros do complexo granítico-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°27'43.8"S; e 52°33'00.3"O Orientação: E-NE Fonte: O autor, 2016.
	Campo de matacões sobre morro da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fácies Serra do Herval. Coordenadas geog.: 31°30'10.7"S; e 52°35'03.1"W Orientação: W-NO Fonte: O autor, 2016.
	Matacões sobre morro do complexo granítico-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°31'39.4"S; e 52°30'26.7"W Orientação: NO-N Fonte: O autor, 2016.

Quadro 10: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de campos de matacões sobre morros.

Nas unidades de relevo em morros, morrotes e colinas predominam materiais de estratigrafia variadas, conforme observado no Quadro 9³. Por outro lado, nas planícies fluviais, planícies alveolares, cabeceiras de drenagem e *hollows*, inclusive em algumas unidades em colinas, destacam-se materiais aluviais e colúvio-eluvionares.

³ Ver página 97.

Ao longo do tempo geológico, os condicionantes climáticos alteram os agregados minerais formando o material detrítico. Este, pela ação da gravidade, desloca-se até as áreas mais baixas do relevo formando depósitos, o que caracterizam os colúvios.(GUERRA e GUERRA, 2008).

De características semelhantes aos colúvios, os materiais eluvionares são resultado da desintegração dos agregados minerais, no entanto, ao contrário dos colúvios, tendem a permanecer próximos aos locais de origem. (GUERRA e GUERRA, 2008).

Os materiais aluvionares são os sedimentos transportados pelos cursos fluviais, (GUERRA e GUERRA, 2008). Estes materiais podem ser encontrados tanto às margens quanto no fundo dos cursos fluviais.

Ao analisar as cabeceiras de drenagem e *hollows*, observa-se que nestes predominam materiais eluviais e coluviais. Tais materiais podem ser parcialmente identificados na Figura 32:



Figura 32: Baixa vertente de relevo provido de materiais colúvio-eluvionares.
Coordenadas geog.: 31°29'29.5"S; 52°35'02.4"W.
Orientação: N-NE
Fonte: próprio autor, 2016.

As cabeceiras de drenagem e *hollows*, por suas geometrias côncavas, são áreas de concentração de fluxos hídricos e, em havendo condições para infiltração d'água, são formas de relevo favoráveis ao aprofundamento do manto de alteração, formação de elúvios e mascaração de colúvios. Destaca-se também, que materiais morfogenéticos equivalentes, foram mapeados em algumas unidades em colinas.

As cabeceiras de drenagem são unidades do relevo que devem ser destacadas, enquanto áreas de preservação permanente. Elas compreendem as nascentes fluviais, constituídas por olhos d'água, os quais são mantenedores dos cursos fluviais.

As planícies alveolares compreendem tanto materiais elúvio-coluvionares quanto aluviais. Pela situação destas unidades de relevo, onde na área de estudos encontram-se principalmente sob influência de morros e morrotes, predominam materiais coluviais.

Por outro lado, a existência de materiais aluvionares também é justificável, devido à localização destas unidades de relevo, as quais de acordo com Rehbein (2011) ocupam as porções intermediárias dos cursos fluviais. A evolução das mesmas para a montante tende a evoluir para *hollows* e cabeceiras de drenagem, enquanto que a evolução para a jusante constitui as planícies fluviais.

Ainda de acordo com Rehbein (2011, p. 230), “Os alvéolos resultam do aprofundamento e alargamento dos *hollows*, a partir da reestruturação hierárquica fluvial da rede de drenagem”. Na área de estudos, observa-se que estas unidades de relevo apresentam largura variada e comprimento considerável.

Um aspecto importante a destacar a cerca destas unidades de relevo, e que comprova as variações no volume de água sobre as mesmas, é a existência de diferentes tipos de sedimentos, os quais variam desde areias finas até cascalhos, conforme pode ser visualizado na Figura 33.



Figura 33: Material aluvionar em planície alveolar.
Coordenadas geog.: 31°31'47.68"S; e 52°28'25.21"W.
Fonte: próprio autor, 2016.

As planícies fluviais apresentam materiais coluviais e aluviais, com destaque para estes últimos, pois são unidades do relevo que se apresentam ao longo dos principais cursos fluviais.

Considerando-se o perfil longitudinal fluvial, no médio curso dos canais, observa-se redução da gradiente, por conta da redução da velocidade da corrente fluvial, deposição de sedimentos grosseiros, como cascalhos e areias grossas, formando bancos de depósitos, os quais são retrabalhados quando da alteração da vazão fluvial.

Nas planícies fluviais se especula a ocorrência de depósitos coluviais, advindos das áreas adjacentes, no processo de evolução das vertentes de outras formas de relevo, de maiores declividades. Na atualidade, esses depósitos estão sendo retrabalhados pela ação fluvial, assim como, aterrados por material aluvionar, nas proximidades das margens fluviais.

Tratando-se do estudo das formas de relevo em planícies, destaca-se que são comuns haver muitas áreas úmidas e banhados, os quais apresentam importantes funções ecológicas e geomorfológicas. No que se refere as características de banhados, Rehbein (2011, p.287), indica que

(...) funcionam como áreas reguladoras do escoamento hídrico, subsuperficial e superficial. Através do chamado “efeito esponja” os banhados, em épocas de maior pluviometria, aumentam o tempo de concentração do escoamento hídrico, amortecendo as cheias fluviais, e nas estiagens, ao dar vazão aos volumes d’água acumulados, regularizam as pequenas descargas fluviais em patamares mais elevados.

Por fim é válido destacar que os limites entre cabaceiras de drenagem, *hollows*, planícies alveolares e planícies fluviais são imprecisos. Essa imprecisão se dá devido à “(...) intrincadas relações de trocas entre matéria e energia”, que se dão “sazonalmente” (REHBEIN, 2011, p. 230).

A seguir, na Figura 34, é apresentado o mapa de planícies; na Figura 35, apresenta-se o mapa de colinas; na Figura 36, o mapa em morrotes; na Figura 37, o mapa em morros e no Quadro 11, a quantificação dos dados morfocronogenéticos das unidades de relevo da área de estudos.

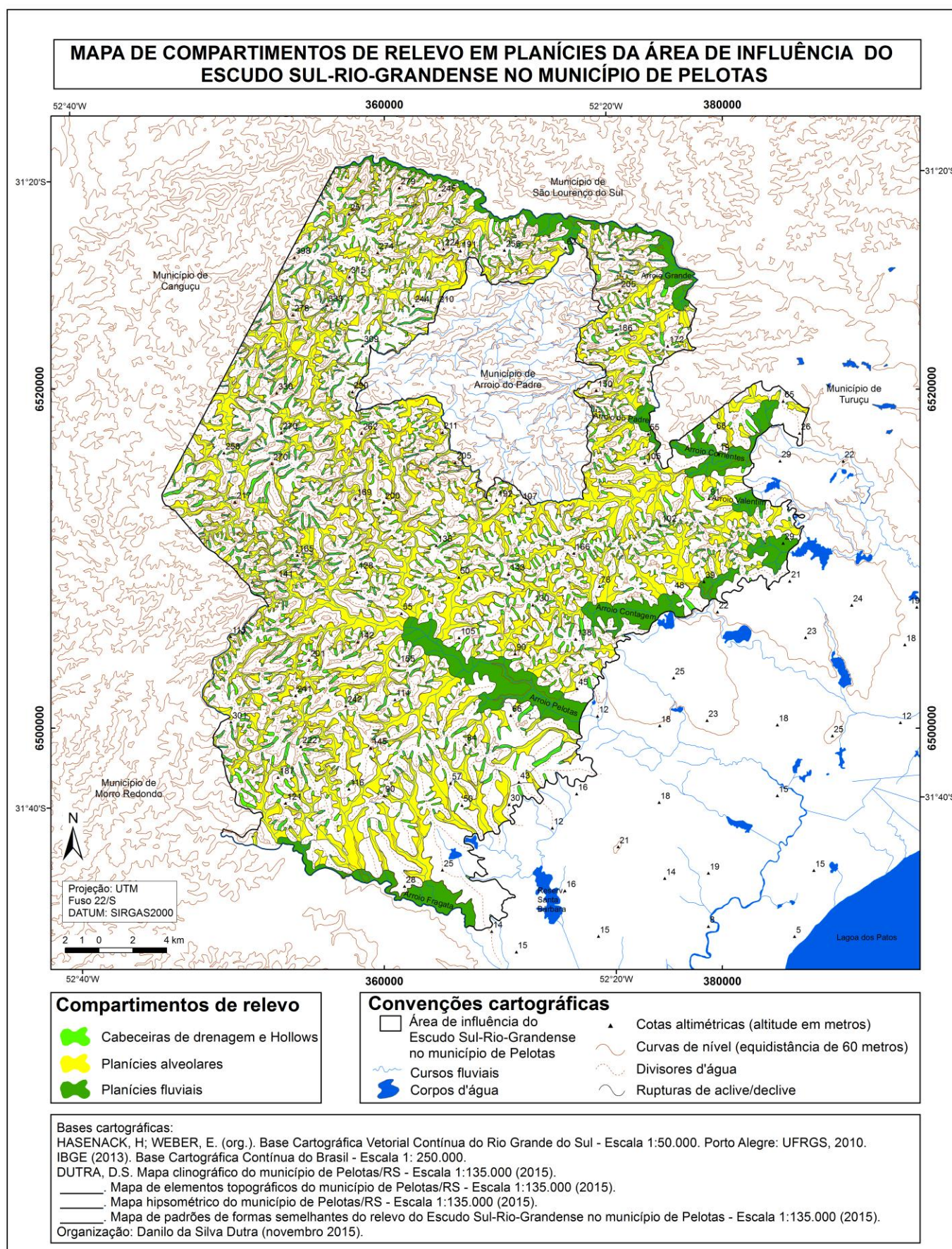


Figura 34 - Mapa de compartimentos de relevo em planícies da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.
 Elaboração: o autor, 2015.

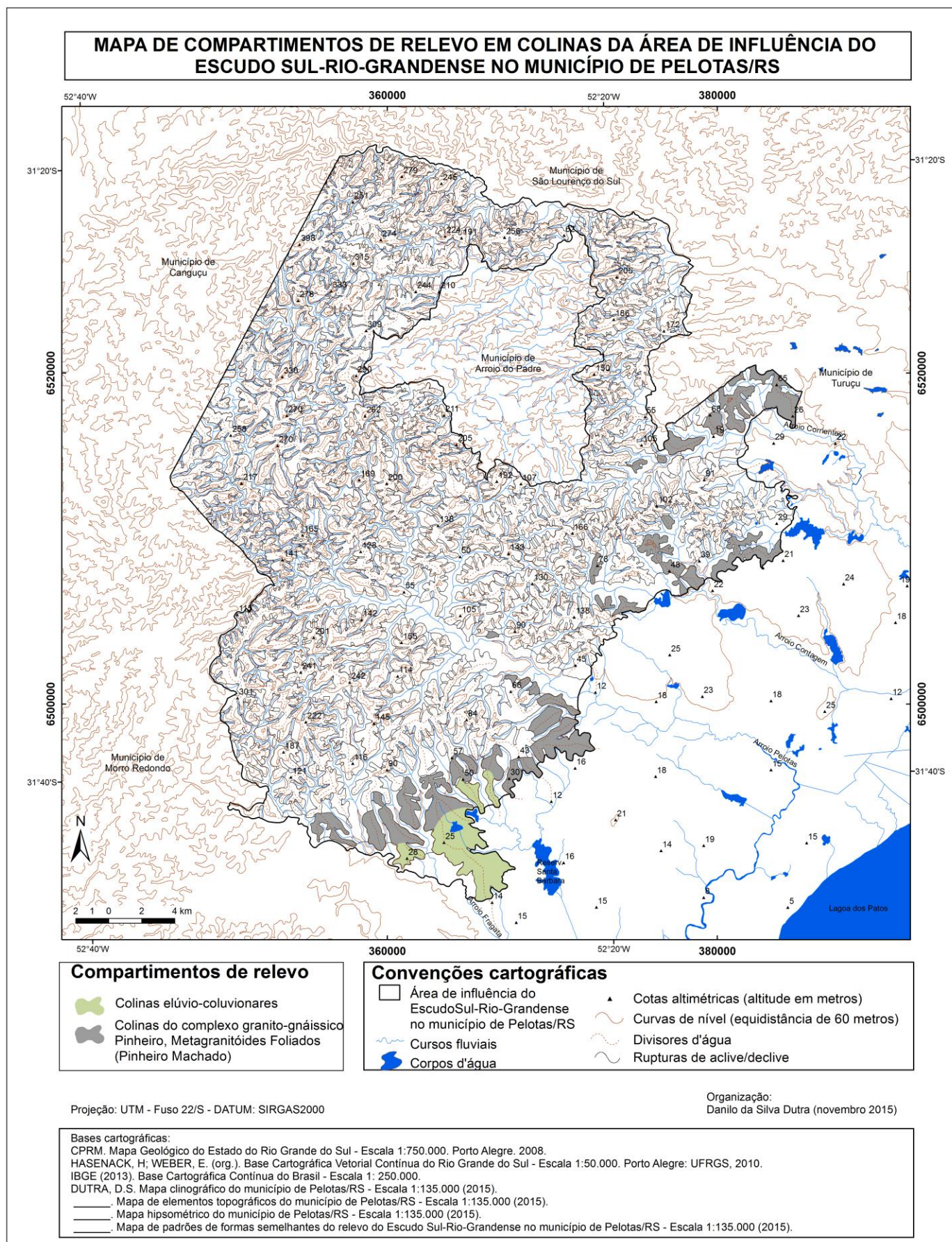


Figura 35 - Mapa de compartimentos de relevo em colinas da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.
Elaboração: o autor, 2015.

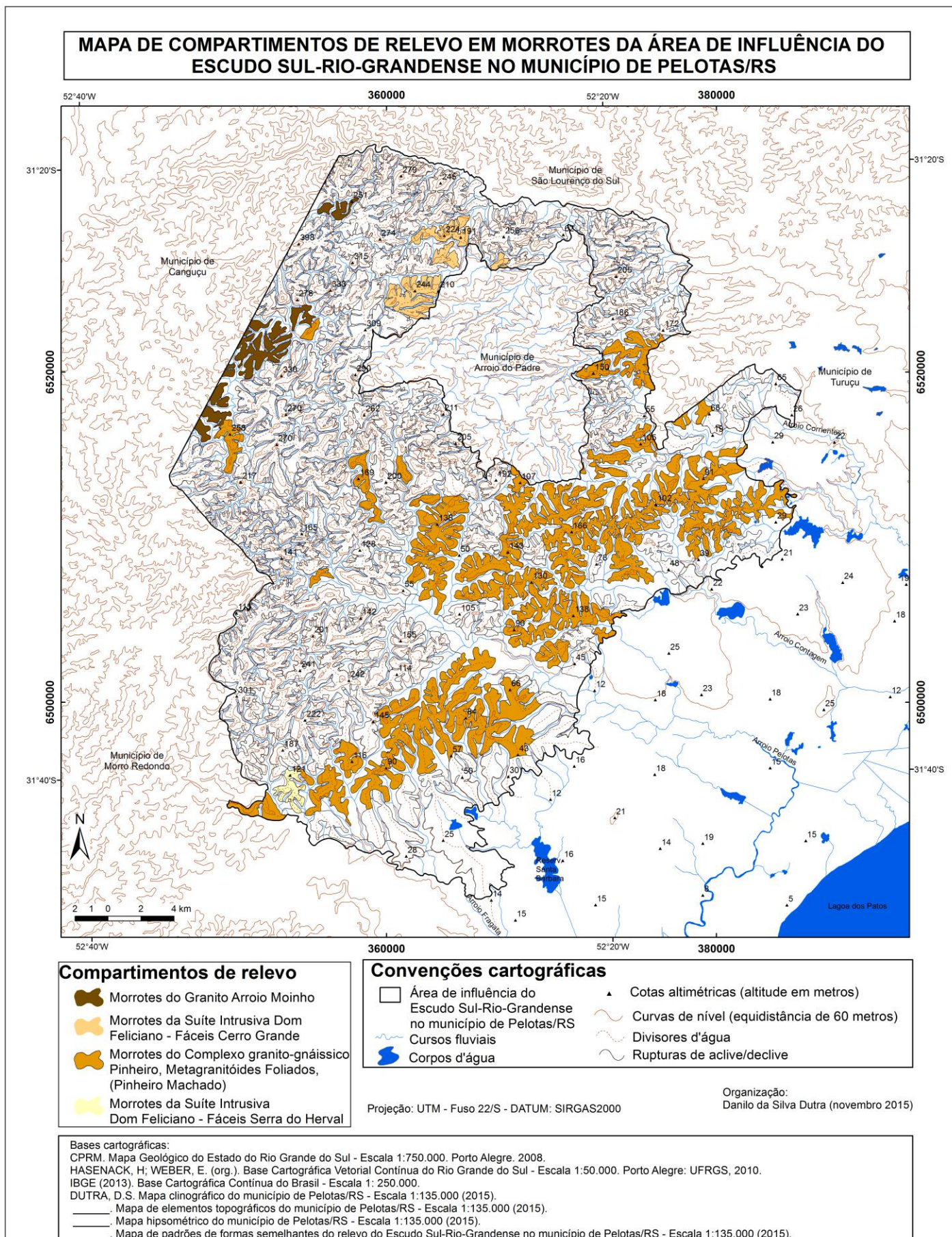


Figura 36 - Mapa de compartimentos de relevo em morrotes da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.
Elaboração: o autor, 2015.

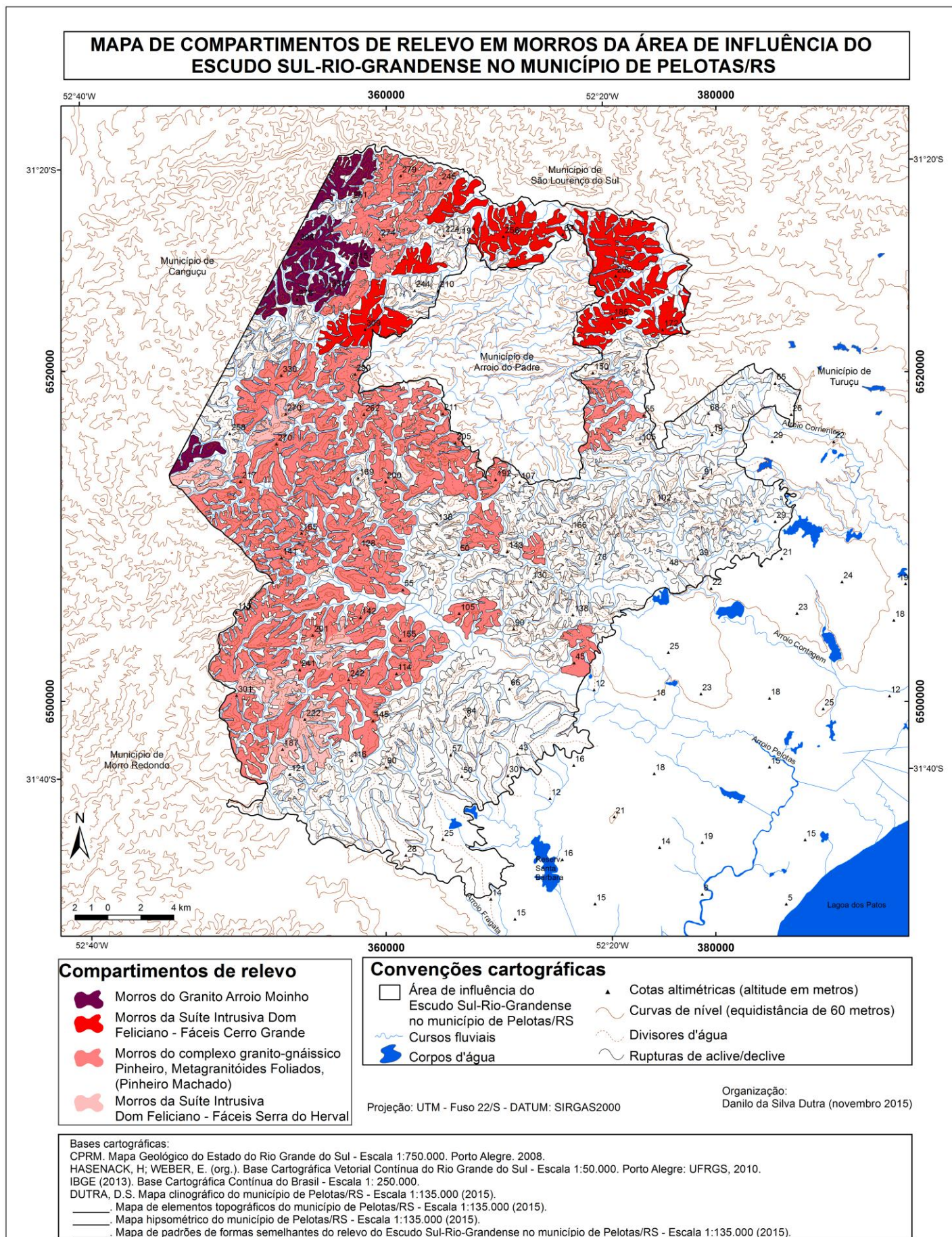


Figura 37 - Mapa de compartimentos de relevo em morros da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.

Elaboração: O autor, 2015.

Compartimento de relevo	Área (km²)	Área (%)	Altitudes Predominantes(m)	Declividades Predominantes(%)
Planícies fluviais	63,72	7,09	20 - 30	< 2
Planícies alveolares	225,96	25,16	Variável	< 2
Cabeceiras de drenagem e <i>hollows</i>	59,68	6,64	Variável	Variável
Morros do Granito Arroio Moinho	24,88	2,77	300 - 390	20 - 30
Morrotes do Granito Arroio Moinho	11,08	1,23	220 - 260	10 - 20
Morros da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Cerro Grande	52,72	5,87	200 - 280	20 - 30
Morrotes da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Cerro Grande	10,36	1,15	200 - 260	10 - 20
Morros do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado)	207,76	23,14	Variável	Variável
Morrotes do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado)	148,19	16,49	80 - 160	10 - 20
Colinas do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado)	51,50	5,73	30 - 80	2 - 5
Morros da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Serra do Herval	23,87	2,66	240 - 280	Variável
Morrotes da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Serra do Herval	2,29	0,25	80 - 120	10 - 20
Colinas elúvio-coluvionar	16,37	1,82	20 - 30	< 2

Quadro 11: Quantificação das unidades de relevo de acordo com os dados morfocronogenéticos da área de estudos.

Organização: o autor, 2015.

De acordo com as informações apresentadas no quadro supracitado observa-se que as unidades de relevo compreendidas por planícies alveolares e os Morros do Complexo granito-ganáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado), predominam, ocupando respectivamente, 25,16% e 23,14% da área de estudos.

3.4 Morfodinâmicas do relevo da área de estudos

No intuito da averiguação e considerações sobre as morfodinâmicas do relevo, observam-se os condicionantes climáticos, de vertentes, dos tipos de solos e dos usos e coberturas da terra.

Ainda que as morfodinâmicas do relevo nos remetam ao entendimento de processos atuais, é importante destacar as observações realizadas por literaturas precedentes que dizem respeito a essa temática.

Nesse intuito, Cunha e Silveira (1996, p. 47) citando Sombroek (1969), na área de estudos, já haviam constatado “(...) os danos da erosão laminar que a agricultura em roças itinerantes tinha causado ao longo do tempo”.

Ainda de acordo com Cunha e Silveira (1996, p. 49), na Zona Alta do município de Pelotas, havia “(...) fortes efeitos da erosão laminar nas áreas de uso intensivo”.

Nesse mesmo sentido, Rosa (1985) ao estudar os solos do município de Pelotas, havia constatado que na Zona Alta o ‘solo era raso’ e também ‘sofia erosão’.

Esse mesmo autor, também ao apresentar uma caracterização para as principais unidades de solos no município de Pelotas, reconhece que na unidade dos solos do tipo Brunizem (Ministério da Agricultura, 1973), apresentavam “(...) muitas voçorocas abertas pela erosão, (...)” (ROSA, 1985, p. 75).

Ainda nesse mesmo contexto, Rosa (1985, p. 75), salienta que na unidade dos litólicos distróficos (Ministério da Agricultura, 1973), também sofriam “(...) forte erosão (...)”.

Referindo-se a contexto equivalente, mas agora quando aborda a questão da hidrografia, Rosa (1985, p.84), havia feito a seguinte observação, quando “(...) a devastação das matas ciliares é responsável pelos bancos de areia que estão assoreando vários arroios.”

Além disso, conforme abordado nessa pesquisa, a área de estudos já sofreu vários eventos climáticos extremos. Entre os eventos, pode-se destacar o ocorrido entre os dias 28 e 29 de janeiro de 2009.

A cerca das conseqüências desse evento sobre a zona rural, podem ser destacados os seguintes problemas: desbarrancamento de margens de arroios

e sangas; assoreamento de açudes e leito de cursos d'água; contaminação de fontes de água para consumo familiar; arranque e arraste das matas ciliares de córregos; voçorocas e erosão em sulcos nas lavouras e estradas internas; arraste de solos de áreas produtivas; destruição de lavouras e campos nativos, com deposição de areia em camadas, inutilizando-as; arraste intenso de solo e fertilizantes (orgânicos e inorgânicos). (EMATER/RS 2009, apud RUTZ, 2015).

Alguns aspectos conseqüentes desse desastre estão ilustrados nas figuras 38 e 39:



Figura 38 - Cenário da enchente de janeiro de 2009 na Sanga da Maleta-afluente do Arroio Quilombo.

Fonte: Moradora Helisia Vergara Herrmann (2009), apud Rutz (2015).



Figura 39 - Reportagem sobre o desastre de janeiro de 2009.
 Fonte: Jornal Tradição Regional, (2009), apud, Rutz, (2015).

Na Figura (38), podem-se observar os danos ambientais decorrentes da enxurrada, onde há árvores arrancadas e retorcidas, e uma quantidade considerável de sedimentos depositados no fundo da Sanga da Maleta - afluente do Arroio Quilombo. Na Figura (39), observa-se que a energia da correnteza foi tanta, capaz de destruir a ponte de concreto sobre a rodovia.

Eventos extremos como o mostrado anteriormente, costumam provocar muitos processos erosivos. Esses eventos tornam-se ainda mais graves, quando o relevo apresenta alguns agravantes, como: declividades altas, pouca cobertura vegetal, compactação pelo pisoteio do gado, entre outros condicionantes.

A erosão dos solos é considerada um dos principais problemas ambientais da atualidade, um problema de difícil reversão. Conforme Santoro, (2009), as erosões continentais são danosas, pois causam também o assoreamento hídrico e dos reservatórios, contribuindo com as enchentes.

Portanto, conforme contexto abordado pelos autores supramencionados, problemas ambientais ligados aos processos erosivos já eram notórios na área de estudos. Nos itens a seguir destacam-se as morfodinâmicas do relevo sobre planícies, colinas, morrotes e morros, observados em trabalhos de campo.

3.4.1 Morfodinâmicas do relevo sobre as planícies

Analizando a ocorrência de formas de processos atuais sobre o relevo da área de estudos, foi observado logo após a ocorrência de evento pluviométrico, o transbordamento de muitos cursos fluviais e a respectiva inundação das margens. Esse evento climático ocasionou a inclinação de muitas árvores e trouxe uma grande quantidade de sedimentos, os quais podem ser observados no Quadro 12:

	Inclinação da vegetação arbustiva em função do solapamento de margem fluvial. Coordenadas geog.: 31°25'38,9"S; 52°31'43.1"W. Fonte: O autor, 2016.
	Depósitos sedimentares resultantes de inundações em curso fluvial. Coordenadas geog.: 31°25'38,9"S; 52°31'43.1"W. Fonte: O autor, 2016.
	Vegetação arbustiva inclinada em consequência de inundação em curso fluvial. Coordenadas geog.: 31°25'38,9"S; 52°31'43.1"W. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 12: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de episódios de inundações ocorridos na área de estudos.

No alto curso do arroio Pelotas também foi observado aspecto semelhante ao ocorrido em curso fluvial mencionado no Quadro 12. Nos registros fotográficos destacados a seguir, identificam-se sedimentos em suspensão, inclinação de vegetação arbustiva e depósitos fluviais, conforme Quadro 13.

	Água turva no curso fluvial, devido a carga de sedimentos transportados em suspensão. Coordenadas geog.: 31°29'05,6"S; 52°33'53.3"W. Visão: SE-S Fonte: O autor, 2016.
	Inclinação da vegetação arbustiva na margem do curso fluvial. Coordenadas geog.: 31°29'05,6"S; 52°33'53.3"W. Visão: SE-S Fonte: O autor, 2016.
	Inclinação de vegetação arbustiva e depósitos sedimentares na margem do curso fluvial. Coordenadas geog.: 31°29'05,6"S; 52°33'53.3"W. Visão: SE-S Fonte: O autor, 2016.

Quadro 13: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de episódios de inundações ocorridos no alto curso do arroio Pelotas.

Conforme observado em subcapítulo sobre eventos extremos no município de Pelotas, Rutz (2015) havia constatado que do começo do século

XX ao início do século XXI, houve a ocorrência de ao menos dezenove eventos extremos (enxurradas). Inclusive, estes eventos caracterizaram transformações mais significativas que as apresentadas nos Quadros 12 e 13 da presente pesquisa.

Nos cursos fluviais dos arroios Pelotas e Quilombo, também foram observados solapamentos de margens e o assoreamento do leito. Esses fatos são condicionados pela ausência de mata ciliar ao longo das margens, fato registrado no médio curso do arroio Pelotas principalmente, conforme é mostrado no Quadro 14:

	Solapamento e assoreamento do médio curso do arroio Pelotas. Coordenadas geog.: 31°31'00.7"S; 52°32'15.6"W. Orientação: N – NE. Fonte: O autor, 2016.
	Solapamento e assoreamento no médio curso do arroio Quilombo. Coordenadas geog.: 31°31'47.68"S; 52°28'25.21"W. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 14: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de solapamentos de margens fluviais na área de estudos.

O processo destacado na figura supracitada, e em especial no registro fotográfico referente ao arroio Pelotas, ocorre principalmente em função da carência de mata ciliar. O sistema radicular da vegetação, e em especial da

vegetação de grande porte, desempenha função vital na sustentação dos taludes.

Nesse contexto, a cerca de solapamentos de margens de canais fluviais, observa-se que os mesmos ocorrem não só nos médios cursos fluviais, mas também nos altos cursos.

Nos locais em destaque, observa-se que não só em consequência da remoção da mata ciliar, mas também pela proximidade a uma cabeceira de drenagem, ocorre o solapamento. Nessas áreas, há uma maior importância do escoamento superficial em detrimento do escoamento subsuperficial porque são áreas muito próximas dos divisores de água, que respondem rapidamente ao escoamento superficial.

Trata-se de cursos fluviais efêmeros ou temporários, regulados fundamentalmente pelas águas de escoamento superficial, associados aos eventos pluviométricos. Essas seções de escoamento se caracterizam por regimes abruptos de vazão. De um momento para outro, a vazão altera de maneira muito significativa, e em função disso os processos erosivos são muito significativos, os quais ainda são agravados devido a remoção da mata ciliar, conforme Quadro 15:



Solapamento da margem esquerda de alto curso fluvial. Trata-se de uma cabeceira de drenagem com vegetação ciliar removida.
Coordenadas geog.: 31°29'29.5"S; 52°35'02.4"W.
Orientação: N-NE
Fonte: O autor, 2016.



Solapamento da margem esquerda do arroio João Padre. Trata-se de área próxima a cabeceira de drenagem.

Coordenadas geog.:

31°36'06.56"S;

52°26'02.35"W.

Fonte:

O autor, 2016.

Quadro 15: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de solapamentos em altos cursos de canais fluviais da área de estudos.

Nas unidades de relevo em questão nesse subcapítulo, é comum a identificação de áreas úmidas. São áreas que devido a localização de lençol freático muito próximo da superfície, quando da ocorrência de eventos pluviométricos de maiores índices, a água aflora identificando as áreas úmidas, conforme Quadro 16:



Área úmida em planície alveolar.

Coordenadas geog.:

31°27'43.3"S;

52°34'22.1"W.

Orientação: S-SE.

Fonte: O autor, 2016.

		Área úmida em cabeceira de drenagem. Coordenadas geog.: 31°31'31.9"S; 52°32'35.6"W. Orientação: N-NO. Fonte: O autor, 2016.
		Área úmida em cabeceira de drenagem. Coordenadas geog.: 31°31'45.4"S; 52°30'19.6"W. Orientação: SE-S. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 16: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de áreas úmidas sobre planícies da área de estudos.

Em síntese, as áreas úmidas tem uma função regularizadora dos cursos fluviais, evitando mudanças drásticas em suas vazões.

3.4.2 Morfodinâmicas do relevo sobre os morros, morrotes e colinas

Sobre a averiguação de formas de processos atuais sobre as unidades de relevo em morros, morrotes e colinas, pode-se mencionar alguns tipos de erosão laminar e linear.

No caso da erosão linear, é quando é identificado algum tipo de alteração sobre o solo. Essas alterações podem ser classificadas em sulcos, ravinas e voçorocas.

Primeiramente, destaca-se alguns processos erosivos do tipo linear em ravinas, de ocorrência em áreas de solo desnudo. Exemplos de processos erosivos em ravinas podem ser observados no Quadro 17:

	Erosão em ravinas ao longo de uma estrada não pavimentada, acompanhando declividade da vertente, localizada sobre morrote do Granito Arroio Moinho. Coordenadas geog.: 31°28'48.8"S; 52°34'16.6"W. Orientação: W-NO Fonte: O autor, 2016.
	Erosão em ravinas ao longo de uma estrada não pavimentada, acompanhando declividade da vertente, localizada sobre morro do Complexo granito-gnássico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°31'13.1"S; 52°31'57.6"W. Orientação: E-SE Fonte: O autor, 2016.
	Erosão em ravinas ao longo de uma cascalheira localizada no morro do Complexo granito-gnássico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°27'34.2"S; 52°33'56.2"W. Orientação: W-NO Fonte: O autor, 2016.

Quadro 17: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de erosões lineares em unidades de morros e morrote da área de estudos.

Nas unidades de relevo em morros, destacam-se processos erosivos que não estão unicamente associados a ocorrências pluviométricas como os mencionados anteriormente, mas também as águas que escoam sub-superficialmente.

Quando da ação de eventos pluviométricos, mais a ação das águas subsuperficiais, há a possibilidade de formação de uma voçoroca. De acordo com Guerra (2009), as voçorocas, entre outras características, apresentam

paredes laterais íngremes, com a ocorrência de fluxos d'água em seu interior durante períodos chuvosos e não chuvosos.

Na área de estudos onde esse processo erosivo foi identificado, observa-se que o mesmo foi agravado em consequência de fortes chuvas ocorridas na região quando da realização da atividade de campo. O referido processo de voçorocamento pode ser observado no Quadro 18:

	Ravinamento das margens de estrada não pavimentada, localizada no morro do Granito Arroio Moinho. Coordenadas geog.: 31°24'59.8"S; 52°31'02.3"W. Orientação: S. Fonte: O autor, 2016.
	Ravinamento das margens de estrada não pavimentada do morro do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°27'52.1"S; 52°29'42.7"W. Orientação: SE. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 18: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de voçorocamentos em morros da área de estudos.

Conforme observado no Quadro 18, o voçorocamento ocorre nas margens de um arruamento, numa estrada não pavimentada. O processo erosivo em questão ocorre por falta de obras de infraestrutura como a construção de uma rede de drenagem.

Resultado da evolução de um canal fluvial, na parte a montante de uma cabeceira de drenagem sobre vertente côncava, há um curso de água efêmero, conforme Figura 40:



Figura 40: Evolução de uma cabeceira de drenagem sobre morro da Suíte Intrusiva Dom Feliciano Fáceis Serra do Herval, constituindo curso de água efêmero.

Coordenadas geog.: 31°30'10.7"S; 52°35'03.1"W.

Orientação: W-NO.

Fonte: O autor, 2016.

Conforme a Figura 40, identifica-se um curso de água temporário ou efêmero, e que está associado fundamentalmente a água que escoia superficialmente. Quando chove, a água é direcionada para o segmento da vertente e escoia de forma concentrada com significativo potencial erosivo e de transporte de sedimentos, a ponto de gerar solapamentos ou queda de taludes.

Nas unidades de relevo destacadas nesse subcapítulo, são encontrados corpos d'água construídos para servir de bebedouro aos animais, irrigação e criação de peixes. Alguns corpos d'água podem ser observados no Quadro 19:

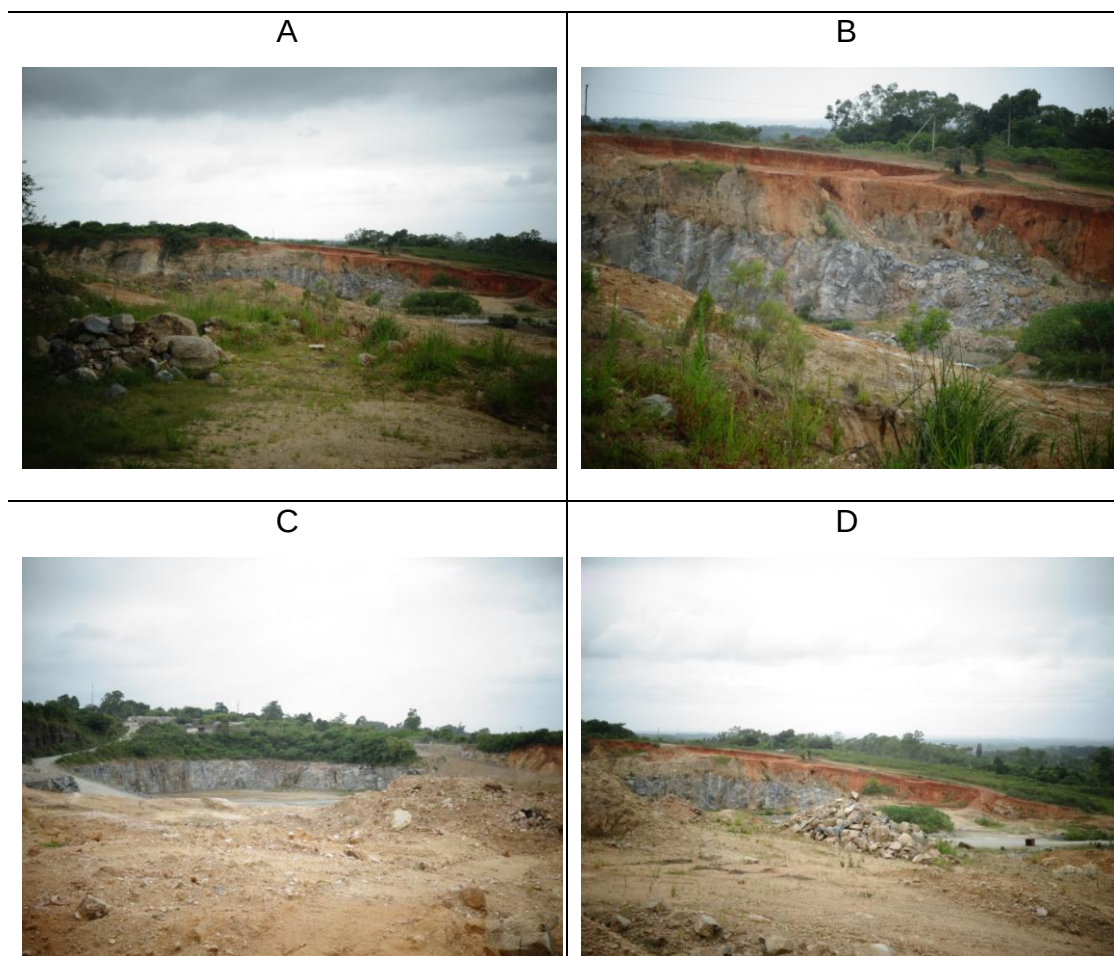
	Água represada na baixa encosta do morro do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°29'55.1"S; 52°32'22.4"W. Orientação: N - NE. Fonte: O autor, 2016.
	Água represada próximo de planície alveolar, em área do morro do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°31'31.9"S; 52°32'35.6"W. Orientação: S-SE. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 19: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de corpos d'água represados em área de morros.

Conforme estudo realizado sobre os usos e coberturas da terra, observou-se que a classe equivalente aos corpos d'água correspondem a cerca de 0,14% da área de estudos. Por outro lado, a classe de solo desnudo ocupa cerca de 23,4%.

Solos desnudos são mais suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos, pois expostos aos agentes climáticos, pluviométricos fundamentalmente, pelo efeito splash das gotas das chuvas (impactos hidráulicos), podem sofrer quebra de agregados, salpicamento e selamento, dando rápida condição para os escoamentos superficiais e erosão.

Analisando as áreas de solo desnudo, em local destinado a extração de rochas, observa-se bastante degradação, conforme Quadro 20:



Quadro 20: Registros fotográficos a cerca de áreas com solo exposto devido a extração de rochas no morrote do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado).

Coordenadas geog.: 31°38'05.19"S; 52°27'00.80"W.

Orientação: SE.

Fonte: Oliveira, 2016.

Em locais destinados ao uso agrícola observa-se algumas lavouras com solo exposto. Nesses locais, foram identificados sinais de erosão laminar, conforme Quadro 21:

	Solo exposto no morro do Granito Arroio Moinho. A seta está indicando uma curva de nível, a qual tem a finalidade de escoar o excesso de água sobre o solo. Coordenadas geog.: 31°24'31.0"S; 52°31'01.7"W. Orientação: NO. Fonte: O autor, 2016.
	Solo exposto no morro do Granito Arroio Moinho. Esse registro fotográfico destaca o selamento do solo devido a ação da chuva. Coordenadas geog.: 31°24'31.0"S; 52°31'01.7"W. Orientação: W. Fonte: O autor, 2016.
	Solo exposto no morro do Granito Arroio Moinho. Destaca-se os efeitos da erosão laminar, onde na região próximo a desembocadura da curva de nível, destaca-se sedimentos depositados. Coordenadas geog.: 31°24'31.0"S; 52°31'01.7"W. Orientação: N-NE. Fonte: O autor, 2016.

Quadro 21: Registros fotográficos e breves descrições a cerca de erosão laminar em morro da área de estudos.

Como observado pelo Quadro 21, trata-se de uma vertente com declividades altas. Devido a essas condições, foi construído curvas de nível, de

modo a evitar a ação dos processos erosivos, mesmo assim, foi observado a ocorrência de erosão laminar.

Ainda averiguando possíveis processos erosivos sobre áreas de solo exposto, foi observado em lavoura destinada ao cultivo de fumo, erosões laminar e linear. Conforme mostra a Figura 41, o círculo identifica depósitos sedimentares de erosão laminar e a seta está indicando a erosão linear.



Figura 41: Processos erosivos laminar e linear no morro do Granito Arroio Moinho.

Coordenadas geog.: 31°24'19.0"S; 52°30'33.3"W.

Orientação: S-SE.

Fonte: O autor, 2016.

Conforme a Figura supracitada, um tipo erosivo laminar evolui para um processo erosivo linear formando uma ravina. Isso sucede porque a parte inferior da encosta caracteriza uma vertente côncava.

Além das características das vertentes, observa-se que os solos também condicionam os processos erosivos, pois predominam na área de estudos, solos com pouca matéria orgânica, rasos e pedregosos, (Cunha e Silveira, 1996).

É pertinente destacar, que mesmo tendo identificado muitos impactos ambientais na área de estudos, observa-se também a interação de diversos tipos de cultivos com áreas de preservação ambiental, conforme Figura 42.

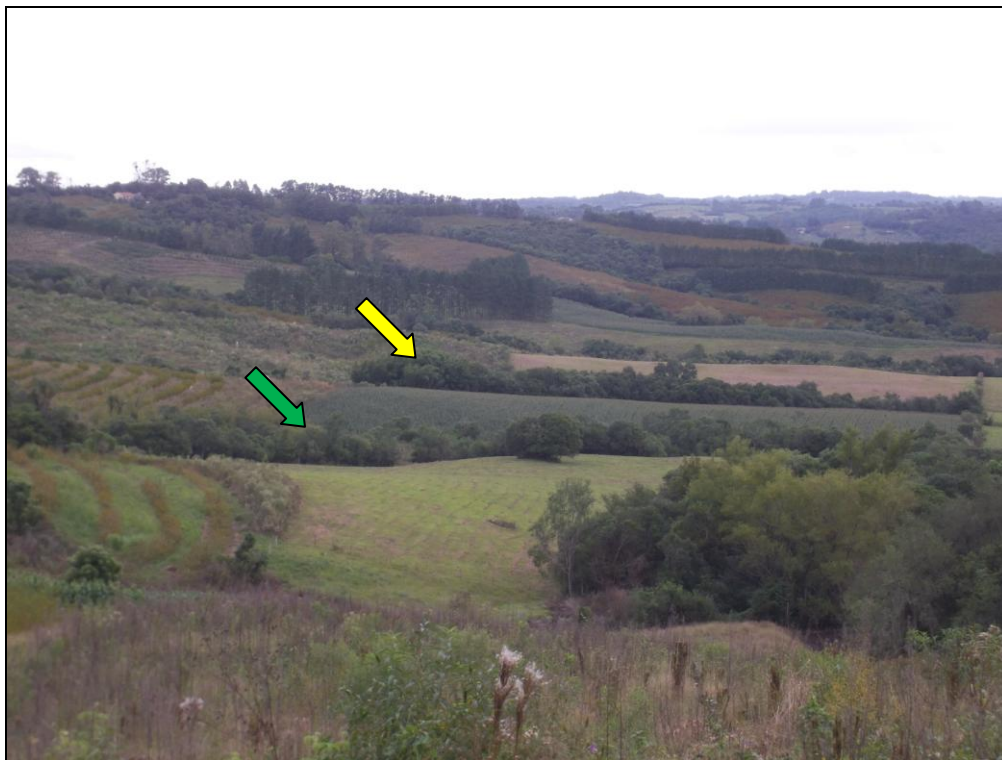


Figura 42: Diversificados usos e coberturas do solo sobre o morro do Complexo granito-gnáissico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado).
Coordenadas geog.: 31°31'19.4"S; 52°31'42.3"W.
Orientação: S-SW.
Fonte: O autor, 2016.

Na Figura supramencionada, observa-se uma grande diversificação de cultivos interagindo com áreas de restrição legal. As setas amarela e verde indicam possíveis canais fluviais com respectivas matas ciliares.

Aspecto semelhante ao observado na figura anterior, também é o que se apresenta na Figura 43, onde destaca-se área úmida em meio a lavouras de soja.

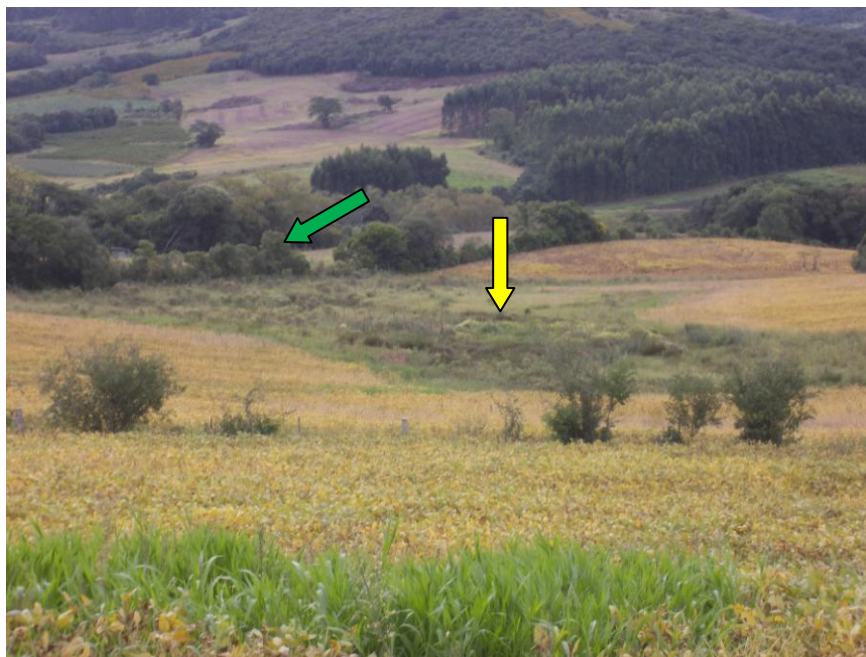


Figura 43: Área úmida em meio a áreas de cultivo no morro do Complexo granito-gnássico Pinheiro, Metagranitóides Foliados, (Pinheiro Machado). Coordenadas geog.: 31°31'39.4"S; 52°30'26.7"W. Orientação: N-NO. Fonte: O autor, 2016.

Conforme as observações na Figura 43, as setas amarela e verde indicam respectivamente área úmida e curso fluvial, ambos em meio a cultivo de soja. Contudo, destaca-se que qualquer tipo de intervenção no meio ambiente gera algum impacto ambiental, uns mais, outros menos impactantes.

3.5 Mapeamento geomorfológico do relevo da área de estudos: método, produto e síntese da pesquisa.

Refere-se ao item que representa cartograficamente o mapa geomorfológico da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS. Conforme discutido ao longo da pesquisa, são representados os dados da morfologia, morfogênese, morfocronologia e as morfodinâmicas do relevo. O produto final da pesquisa é apresentado na Figura 44:

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, é oportuno destacar que o mapeamento geomorfológico se realiza a partir do estudo da morfogênese, morfocronologia, morfologia e das morfodinâmicas do relevo.

O objetivo principal da presente pesquisa intitulou-se no mapeamento geomorfológico da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS. Para tanto, a morfogênese e a morfocronologia foram consolidadas através do estudo da evolução geológica-geomorfológica da área de estudos.

Para a consolidação da morfologia, foi indispensável à estruturação do banco de dados de cartografia de base. A partir dele, e das atividades de geoprocessamento foram desenvolvidos os produtos cartográficos apresentados na pesquisa.

É importante também destacar, que as atividades de geoprocessamento, foram fundamentais para a produção cartográfica a cerca dos usos e coberturas da terra.

O aspecto da morfologia se consolidou a partir da fundamentação em autores como Florenzano (2008) e Guerra e Guerra (2008). Estes autores definem diferentes aspectos morfográficos viabilizando o mapeamento e a caracterização dos padrões de formas semelhantes do relevo da área de estudos.

A abordagem sobre alguns condicionantes do relevo, a destacar os dados hidrográficos, geológicos, pedológicos, climáticos e dos usos e coberturas da terra, foram imprescindíveis para as considerações geomorfológicas, em especial, as morfodinâmicas do relevo.

Considera-se que os fundamentos e ou a base conceitual que alicerçaram a presente pesquisa está respaldada em autores como Ab' Saber (1969), Ross (1992; 2014) e Casseti (2014, c,d,e). Também encontra respaldo em trabalhos realizados e em curso, a cerca da temática em questão, por Rehbein (2011) e Silva (2014).

Através do estudo da morfografia contabilizou-se um expressivo número de cabeceiras de drenagem na área de estudos. Conforme tratado ao longo da pesquisa, elas compreendem as nascentes fluviais e áreas úmidas. Esses locais desempenham importantes funções, prevenindo que os canais fluviais sequem e também, possíveis inundações.

Destaca-se também, que há a predominância dos padrões de relevo em morros. Nesse sentido chamam atenção os fatos de que a área de estudos apresenta solos caracteristicamente suscetíveis à erosão além de considerável área de solo exposto. Tais condicionantes, associados às declividades altas dos morros favorecem a ação dos processos erosivos.

Conforme averiguado, os processos morfogenéticos e morfodinâmicos encontram-se atrelados as alterações impostas sobre as vertentes. Observa-se em locais de solo revolvido e solo exposto, a atuação de processos erosivos laminares e lineares, destacando-se alguns sulcos, ravinas e voçorocas.

Os processos erosivos laminares, mesmo não sendo de fácil identificação, ocorrem na área de estudo. Nesse sentido, destacam-se casos de assoreamento de canais fluviais, resultante não só da erosão linear, mas principalmente da erosão laminar.

Considera-se a erosão laminar um dos principais problemas ambientais da área de estudo. É um processo que se manifesta devido as características morfométricas da área, ainda favorecido pelas características climáticas e pelos fenômenos pluviométricos de índices elevados, que associados as características dos solos e as áreas de solo exposto, condicionam maior fluxo superficial resultando na erosão laminar.

Quando da ocorrência de eventos pluviométricos intensos, os sedimentos erodidos são transportados até os canais fluviais e tendem a depositar-se naquelas porções de menor gradiente ocasionando o assoreamento. Esse processo de assoreamento é um dos principais fatores que tem levado ao solapamento dos canais fluviais.

Com objetivo de atenuar os efeitos erosivos, foram observados em algumas áreas de solo revolvido a construção de curvas de nível. Ao contrário, noutras áreas onde foram registrados voçorocamentos observa-se que não há qualquer tipo de intervenção no intuito de estancar tal processo. Do mesmo modo, naquelas áreas onde foram observados solapamentos de margens fluviais também não há qualquer tipo de intervenção em prol da recuperação dessas áreas.

As considerações apresentadas, ainda que bastante resumidas, constituem uma síntese sobre a realidade da área de estudos. Diante disso, observa-se a necessidade da aplicação de algumas medidas, e no que se refere aos casos já comprometidos, de reparos. Como exemplo, naqueles casos onde foram observados voçorocamentos às margens de estradas não pavimentadas, aconselha-se a implantação de canalizações.

Naqueles casos onde foram observados solapamentos de margens fluviais é urgente a tomada de medidas propositivas. Aconselha-se o reflorestamento daquelas margens degradadas, acompanhado de fiscalização permanente, a fim de se concretizar as ações implantadas.

É oportuno também mencionar, algumas dificuldades encontradas na realização da pesquisa. Entre elas, destacam-se a etapa relativa ao trabalho de campo, quando alguns moradores da área de estudos não permitiram a entrada em determinados locais para a averiguação de processos morfodinâmicos.

Ainda levando em consideração a escala de representação dessa pesquisa, o método e metodologias apresentados consideram-se satisfatórios aos objetivos propostos. Ressalta-se, contudo, da relevância da execução de pesquisas com escala de trabalho mais detalhadas, a fim de apresentar estudos mais precisos.

Além disso, espera-se contribuir com o conhecimento acadêmico no sentido de provocar o espírito crítico trazendo discussões e debates sobre as questões geomorfológicas.

Por fim, considera-se que a pesquisa possa contribuir com o saber local, no sentido de embasar atividades de planejamento, gerenciamento e monitoramento ambiental.

REFERÊNCIAS

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

ARGENTO, M.S.F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA. S. B (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012**/ Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília: CENAD, 2012.

CASSETI, V. (a) Introdução a Geomorfologia. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. 29/08/2014.

_____.(b). Cartografia geomorfológica. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Download em: 29/08/2014.

_____.(c). Compartimentação topográfica. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Download em: 29/08/2014.

_____.(d). Estrutura superficial. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Download em: 29/08/2014.

_____.(e). Fisiologia da paisagem. In: CASSEITI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Download em: 29/08/2014.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 211-252

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C. **Estudos dos solos do município de Pelotas**. Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPel, 1996. 50p.

CROSTA (a), A. P. O Histograma de uma imagem. In.: CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. P. 29-35

CROSTA (b), A. P. Aumento de contraste. In.: CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. P. 37-47

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 415-442.

CPRM. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul – Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade**. VIERO, A. C. & SILVA, D. R. A. (orgs). Porto Alegre, 2010. 250p.

_____. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, escala 1:750.000. WILDNER, W. et al. Porto Alegre: CPRM, 2008.

DEMEK, J.; E. C.; GELLERT, J. F. & VERSTAPPEN, H. T. (Eds.). **Manual of Detailed Geomorphological Mapping**. International Geographical Union Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Academia, Prague. 1972. 320 p.

EMBRAPA/UFPEL/INMET. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/clima-de-pelotas/>. Acesso em: 30/07/2015.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FERNANDES, L. A. D. **Evolução Tectônica Do Cinturão Dom Feliciano No Escudo Sul-Rio-Grandense**: Parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. Revista Brasileira de Geociências. 25(4):351-374, dezembro de 1995.

FERNANDES, L. A. D; MENEGAT. R; COSTA, A. F. U; KOESTER, E; PORCHER, C. C; TOMMASI, A; KRAEMER, G; RAMGRAB, G. E; CAMOZZATO, E. **Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense**: parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. Revista Brasileira de Geociências, IG/UFRGS, volume 25. 1995.

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. P. 31-71.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Levantamento Aerofotogramétrico de 1953**. Pelotas, 1953. Escala 1:40.000.

GUASSELLI, L. A.; SALDANHA, D. L.; SUERTEGARAY, D. M. A.; DUCATI, J. R.; FONTANA, D. C. **Macro Zoneamento do Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisas em geociências, 33 (1): 3-11, Instituto de Geociências, UFRGS, 2006. Disponível em: <<http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/3301/01-3301.pdf>>. Acesso em: 27/09/2015.

GUERRA. A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA. S. B (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, 652p.

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).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico do Rio Grande do Sul**. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431440&search=rio-grande-do-sul|pelotas> Consulta em: 28/04/2015.

_____. **Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000**. 2013. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_vetorial_continua_escala_250mil/ Acesso em: 10 dez 2013.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Geomorfologia**. 2º Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Uso da Terra**. 3º Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

_____. **Projeto RADAM BRASIL – Geologia**. 2003. Escala 1:250.000. Folhas Pedro Osório – SH22-Y-C; Pelotas –SH22-Y-D.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens do satélite Landsat TM5 (222/82)

MACHADO, P.J.O; TORRES, F.T.P. Infiltração e águas subterrâneas. In: MACHADO, P.J.O; TORRES, F.T.P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage learning, 2012, p. 117-138.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica, In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

MENEGAT, R. et. al.. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica**. In.: MENEGAT, R. et. al.. Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 11-20.

NETTO, A.L.C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

OLIVEIRA, G. S; SILVA, N. F; HENRIQUES, R. **Mudanças climáticas : ensino fundamental e médio**. – Brasília : MEC, SEB ; MCT ; AEB, 2009. 348 p.

PALMIERI, F; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia, In: GUERRA, A.J.T. CUNHA, S.B, (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PHILIPP R.P. 1998. **A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 255p.

PHILIPP, R. P; MACHADO, R. **SUÍTES GRANÍTICAS DO BATÓLITO PELOTAS NO RIO GRANDE DO SUL: PETROGRAFIA, TECTÔNICA E ASPECTOS PETROGENÉTICOS**. Revista Brasileira de Geociências 31(3):257-266, setembro de 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS/ RS. **Dados gerais do município de Pelotas/ RS**. Disponível em <<http://www.pelotas.rs.gov.br/cidade/dados-gerais.php>> Consulta em: 28/04/2015.

REHBEIN, M. O. **Mapeamento geomorfológico aplicado na análise de impactos ambientais urbanos: contribuições ao reconhecimento de morfologias, morfocronogêneses e morfodinâmicas do relevo da bacia hidrográfica do arroio Feijó/ RS (TESE)**. Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2011. 339p.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. Tese de Doutorado em Geografia Física. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1997, 280 p.

_____. Geomorfologia aplicada aos Eias-Rimas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 291- 336.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2014.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do departamento de Geografia**, n. 6, FFLCH/USP, São Paulo, 1992. P. 17-29.

ROSA, M. **Geografia de Pelotas**. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 1985.

RUTZ, E. C. **Análise histórica das enxurradas no município de Pelotas e as consequências da enxurrada de 2009 na Bacia Hidrográfica do Arroio Quilombo, Pelotas/RS**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, 2015. 124 f.

SANTORO, J. Erosão Continental. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J; AMARAL, R. (orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

SILVA, A. R. E. **Mapeamento de padrões e compartimentos de relevo: levantamento de dados morfo-cronogenéticos e morfológicos de ocorrência centro-nordeste do município de Pelotas/RS**. 2014. 77f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

SOUZA, T. A.; OLIVEIRA, R. C. **AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE IMAGENS TRIDIMENSIONAIS EM MEIO DIGITAL PARA O MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.1348 – 1355, 2012.

SUERTEGARAY, D. M. A.; FUGIMOTO, N. V. M. Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (orgs.). Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 319 p.

STRECK, E. V. *et. al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2º Ed.. Porto Alegre: EMATER/ RS, 2008. p. 126-137.

TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; VILLWOCK, J.A.; BARBOSA, E.G.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A.; ROSA, M.L.C.C. **Sistemas Depositionais e Evolução Geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma Síntese**. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Ed.). **50 anos de geologia**: Instituto de Geociências, contribuições. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007. p. 327-340.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (eds). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Edição CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 375-406.

TOMINAGA, L.K. Desastres Naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J; AMARAL, R. (orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TORRES, F. T. P.; MARQUES NETO, R.; MENEZES, S. O. **Introdução a geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 322p. (Coleção Textos básicos de geografia). ISBN 9788522112784. p. 271-301.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual**. (2001)

_____. **Manual Técnico de Pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: nº4. 2007. 316p.
MENEGAT, R. et. al.. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica**. In.: MENEGAT, R. et. al.. Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. P. 11-20.

_____. **Manual Técnico de Pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: nº4. 2007. 316p.
MENEGAT, R. et. al.. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica**. In.: MENEGAT, R. et. al.. Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 25-26.

_____. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In.: HOLZ, M. e ROS, L. E. de (orgs.) **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO)– Instituto de Geociências, UFRGS, 2000. P. 375-398.