

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Instituto de Ciências Humanas**  
**Programa de Pós-Graduação em Geografia**



Dissertação

**Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da  
Planície Costeira do município de Pelotas/ RS**

**Anderson Rodrigo Estevam da Silva**

Pelotas, 2017

**Anderson Rodrigo Estevam da Silva**

**Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da  
Planície Costeira do 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: Moisés Ortemar Rehbein

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas/ Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S586a Silva, Anderson Rodrigo Estevam da  
Análise e mapeamento geomorfológico da área de  
influência da planície costeira do município de Pelotas/ RS /  
Anderson Rodrigo Estevam da Silva ; Moisés Ortemar  
Rehbein, orientador. — Pelotas, 2017.  
179 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação  
em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade  
Federal de Pelotas, 2017.

1. Padrões de formas de relevo. 2. Tipos de formas de  
relevo. 3. Morfodinâmicas de planície costeira. I. Rehbein,  
Moisés Ortemar, orient. II. Título.

CDD : 551.4

Anderson Rodrigo Estevam da Silva

Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da  
Planície Costeira do município de Pelotas/ RS

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 10/05/2017

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Moisés Ortemar Rehbein (Orientador, PPGeo – UFPel)  
Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo

---

Prof. Dr. Maurício Meurer (PPGeo – UFPel)  
Doutor em Geografia pela Université Lumiere Lyon

---

Prof. Dr. Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki (PPRecHíd – UFPel)  
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

## **Agradecimentos**

A Deus louvo e glorifico pelo ânimo e entusiasmo, assim como pelo o que esta produção possa contribuir enquanto conhecimento científico.

Agradeço aos meus pais, Paulo e Lenir, pelo apoio sem medida que me foram em cada fase da minha formação.

À minha namorada, Ana, que me incentiva e muito se alegra com cada avanço meu nos estudos.

Aos familiares, amigos e colegas que, direta ou indiretamente, me foram estímulo para prosseguir.

Ao Professor Moisés Rehbein, a quem devo o incentivo para entrar no mestrado. Sou grato pela sua amizade, compreensão e amparo nas pesquisas realizadas nesse tempo não só de mestrado, mas que se estende desde a graduação na UFPel.

Aos professores do curso de Bacharelado em Geografia da UFPel que nunca se eximiram em ser apoio em tudo que intencionei, e que muito me inclinaram aos estudos e gosto pela academia.

Aos professores componentes da banca examinadora desta pesquisa, que prontamente aceitaram o convite: Maurício Meurer e Luis Eduardo Suzuki. E também aos suplentes: professor Adriano Simon e Allan de Oliveira.

À turma da qual fiz parte ao longo do mestrado. Agradeço pelos momentos sérios e descontraídos que vivemos em aula, trabalhos de campo e organização de evento. Foram-me ocasiões edificantes.

À CAPES pela bolsa de estudos.

Enfim, expresso os meus agradecimentos a todas as pessoas que me constituem a memória desta etapa.

## Resumo

SILVA, Anderson Rodrigo Estevam da. **Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS**. 2017. 179f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

O espaço geográfico é expresso por uma relação conflituosa entre os elementos socioeconômicos e físico-ambientais devido à necessidade de, simultaneamente, se explorar e proteger os recursos naturais. Neste contexto, o conhecimento geomorfológico é auxílio importante na implementação de planejamentos do ambiente rural e urbano, pois evidencia potencialidades e vulnerabilidades do relevo terrestre à conversão de propriedades geológicas em socioreprodutoras. Assim, esta pesquisa objetiva analisar e mapear a geomorfologia da área de influência da Planície Costeira de Pelotas/ RS, na escala de 1:150.000. Constituem objetivos específicos acerca do relevo terrestre: a) Obter dados morfogenéticos e morfocronológicos; b) Representar cartograficamente dados morfológicos; c) Caracterizar alterações morfohidrográficas e analisar morfodinâmicas; d) Constituir base de dados para explicações de morfodinâmicas. Enquanto fundamento teórico-metodológico, tem-se as orientações de Ab'Sáber (1969) e Ross (1992). Os procedimentos operacionais são direcionados por estes autores e por demais bibliografias sobre condicionantes do relevo da área de estudo: geologia, clima, hidrografia, pedologia e usos e coberturas da terra. Esses procedimentos compõem quatro etapas sequenciais: a) Revisões bibliográficas; b) Organização de Banco de Dados Geográficos; c) Cartografia e geoprocessamento de base; d) Análise e mapeamento geomorfológico. Nas etapas “c” e “d”, são realizados trabalhos de campo para a tomada de registros fotográficos, análise e validação de informações. Como resultados, são identificadas treze unidades morfocronogenéticas no contexto de cinco padrões morfológicos do relevo da área rural e urbana. As unidades correspondem a formas holocênicas (pontal, planície lacustre, planície paludial, planície alúvio-lacustre, planície alúvio-lagunar do São Gonçalo, planície alúvio-lagunar e planície alúvio-coluvionar – ~5ka) e pleistocênicas (terraço lagunar e terraço alúvio-lagunar – ~120ka; duna costeira, lombada costeira, terraço lagunar e terraço alúvio-coluvionar – ~325ka). Dentre as morfodinâmicas identificadas, destacam-se: oscilações periódicas do lençol freático em superfície; redução da infiltração da água no solo e intensificação do escoamento superficial na área urbana; suscetibilidade à erosão laminar em solo exposto da área rural; e alterações de hidrodinâmicas fluvial, lagunar e paludial. Desse modo, depreende-se que esta pesquisa possa subsidiar ações de educação ambiental sob a perspectiva do planejamento e desenvolvimento socioeconômico e cultural acerca de usos e coberturas da terra, intervenções aplicadas ao subsolo e à superfície, exploração de recursos minerais etc. Ademais, consideram-se formadas algumas orientações de atividades de cartografia e geoprocessamento de base para a identificação e registro de formas de relevo com pequena amplitude altimétrica.

**Palavras-chave:** padrões de formas de relevo; tipos de formas de relevo; morfodinâmicas de planície costeira

## Abstract

SILVA, Anderson Rodrigo Estevam da. **Analysis and geomorphologic mapping of the area of influence of the Coastal Plain of the municipality of Pelotas/ RS**. 2017. 179f. Dissertation (Master's Program in Geography) – Post Graduation Program in Geography, Institute of Human Sciences, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

The geographic space is expressed by a conflicting relationship between the socioeconomic and physical-environmental elements due to the need of, simultaneously, explore and protect the natural resources. In this context, the geomorphologic knowledge is an important support in the implementation of planning of the rural and urban environment as it highlights the potentials and vulnerabilities of the land relief to the conversion of geocological properties into socioreproductive ones. Thus this research aims to analyze and map the geomorphology of the area of influence of the Coastal Plain of Pelotas/ RS, in the scale of 1:150.000. These are the specific purposes concerning the land relief: a) Obtain morphogenetical and morphochronological data; b) Cartographically represent morphological data; c) Characterize morphohydrographical changes and analyze morphodynamic changes; d) Set a data base for the explanation of morphodynamic changes. For the theoretical-methodological foundation, we have the guidelines from Ab'Sáber (1969) and Ross (1992). The operational procedures are guided by these authors and by other bibliographies on determinants of relief of the area under study: geology, climate, hydrography, pedology and land use and land cover. These procedures constitute four sequential steps: a) Bibliographic reviews; b) Organization of Geographic Data Base; c) Cartography and base geoprocessing; d) Analysis and geomorphological mapping. In the steps "c" and "d", field works are carried out for the taking of photographic records, analysis and information validation. As results, thirteen morphochronogenetic units are identified in the context of five morphologic patterns of the relief of the rural and urban area. The units correspond to holocenic forms (pontal, lacustrine plain, paludal plain, fluvio-lacustrine plain, fluvio-lagoon plain of the São Gonçalo, fluvio-lagoon plain and fluvio-coluvionar plain – ~5ka) and pleistocenic (lagoon terrace and fluvio-lagoon terrace – ~120ka; coastal dune, coastal lombada, lagoon terrace and fluvio-lagoon terrace – ~325ka). Among the identified morphodynamic we highlight the following: periodical oscillations of the water table in surface; decrease of water infiltration in the soil and intensification of surface runoff in the urban area; susceptibility to laminar erosion in exposed soil of the rural area; and changes of fluvial, lagoon and paludal hydrodynamics. Therefore, it can be deduced that this research may subsidize actions of environmental education under the perspective of socioeconomic and cultural planning and development concerning the land uses and land covers, interventions applied to the subsoil and the surface, exploration of mineral resources etc. Moreover, some orientations of cartography activities and base geoprocessing for the identification and the record of landforms with small altimetric amplitude are considered as formed.

**Key words:** landform patterns; landform types; morphodynamics of coastal plain

## Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de localização da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas. ....	22
Figura 2 - Prática agrícola e pecuária. ....	22
Figura 3 - Cidade de Pelotas (parte centro-sudoeste da área de estudo) vista de eclusa do Canal São Gonçalo. ....	23
Figura 4 - Representação esquemática da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992). ....	31
Figura 5 - Fluxograma de procedimentos operacionais da pesquisa. ....	36
Figura 6 - Exemplo hipotético de uma pessoa gigante capaz de observar a superfície terrestre com sua visão binocular, e, para a situação de uma pessoa real, com o recurso do recobrimento parcial de um par de fotografias aéreas de um mesmo ponto. ....	39
Figura 7 - Óculos 3D para visualização de imagem anáglifo. ....	40
Figura 8 - Imagem anáglifo de fotografia aérea. ....	41
Figura 9 - a) MDE processado a partir de dado de altitude do Projeto TOPODATA; b) Relevo sombreado derivado de MDE processado. ....	43
Figura 10 - Correspondência espacial entre curvas de nível derivadas de MDE refinado e curvas de nível oriundas de cartas topográficas – isolinhas de 20m. ....	45
Figura 11 - Classes de declividade sotopostas a relevo sombreado de transparência 70%. ....	46
Figura 12 - Classes de hipsometria sotopostas a relevo sombreado de transparência 70%. ....	46
Figura 13 - Composição de imagem colorida falsa-cor da área de influência da Planície Costeira de Pelotas, obtida a partir das imagens Landsat 5 TM com bandas 3, 4 e 5 associadas ao filtro azul, vermelho e verde, respectivamente. ....	49
Figura 14 - Fluxograma de procedimentos operacionais da etapa de análise e mapeamento geomorfológico. ....	53
Figura 15 - Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas e área continental adjacente. ....	55
Figura 16 - Mapa de localização e geológico simplificado da PCRS. ....	56
Figura 17 - Leques alimentados pelo ESRG. ....	57

Figura 18 - Sistemas deposicionais da PCRS e fácies sedimentares associadas. ...	59
Figura 19 - Mapa de unidades litoestratigráficas do município de Pelotas/ RS.....	63
Figura 20 - Material arenoso correspondente ao sistema laguna-barreira IV (Holoceno), identificado na transição entre depósitos praias eólicos e depósitos de planície lagunar. ....	66
Figura 21 - Material aluvial do médio curso do Arroio Pelotas, sob influência do ESRG. ....	66
Figura 22 - Localização regional da hidrografia da área de estudo.....	73
Figura 23 - Mapa de hidrografia do município de Pelotas/ RS. ....	75
Figura 24 - Médio curso do Arroio Pelotas: a) barras arenosas; b) banco de sedimentos em margem convexa (de deposição) e blocos graníticos em margem côncava (de erosão). ....	77
Figura 25 - a) Arroio Fragata; b) Arroio Pelotas; c) Arroio Contagem; d) Arroio Corrientes; e) Afluente do Arroio Santa Bárbara; f) Foz do Arroio Sujo. ....	78
Figura 26 - Mapa de solos do município de Pelotas/ RS.....	81
Figura 27 - Neossolo (Flúvico) em médio curso do Arroio Pelotas.....	84
Figura 28 - Áreas sob influência da PCRS com classes de: a) Espodossolos; b) Gleissolos; c) Organossolos.....	84
Figura 29 - Áreas sob influência da transição PCRS-ESRG e do ESRG com classes de: a) Planossolos associados a Gleissolos; b) Planossolos associados a Argissolos; c) Argissolo.....	85
Figura 30 - Mapa de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas/ RS - ano 2011.....	91
Figura 31 - Mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa na área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS - ano 2009.....	92
Figura 32 - a) Área em preparo para cultivo de arroz irrigado; b) Área em preparo para cultivo de soja.....	94
Figura 33 - a) Cobertura herbácea de área em pousio; b) Mata ciliar do Arroio Contagem; c) Silvicultura. ....	94
Figura 34 - a) Arroio Pelotas – médio curso; b) Canal de irrigação agrícola; c) Reservatório Santa Bárbara. ....	95
Figura 35 - a) Áreas úmidas próximas ao Canal São Gonçalo, entre o Arroio Santa Bárbara em 1º plano e o Arroio Fragata em 2º plano; b) Área úmida e sua vegetação	

característica próximo à localidade do Barro Duro; c) Áreas úmidas entre a BR-392 e domicílios; d) Áreas úmidas entre a Av. Adolfo Fetter e domicílios.....	95
Figura 36 - a) Cidade de Pelotas – R. Lobo da Costa; b) Bairro Laranjal – Calçadão da Praia do Laranjal; c) Localidade do Barro Duro – Próximo à Av. Mato Grosso....	96
Figura 37 - Mapa de elementos topográficos da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	99
Figura 38 - Mapa hipsométrico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	100
Figura 39 - Mapa clinográfico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	101
Figura 40 - Mapa de padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS .....	105
Figura 41 - Pontal.....	107
Figura 42 - 1º Plano: planície vista da BR-471. 2º Plano: relevo ondulado de influência do ESRG. ....	107
Figura 43 - Terraço entre o Arroio Fragata (situado a O) e o Arroio Moinho (situado a E).....	107
Figura 44 - Dunas.....	108
Figura 45 - Área de lombadas. ....	108
Figura 46 - Mapa de tipos de formas de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS.....	110
Figura 47 - a) Baixo curso do Arroio Fragata; b) possíveis níveis de base evidenciados no contato (linha tracejada) entre camadas de material exposto em corte de estrada a cerca de 25m da margem direita do Arroio Fragata. ....	115
Figura 48 - Área de terraço alúvio-coluvionar.....	116
Figura 49 - Transição entre os compartimentos de planície alúvio-lagunar do São Gonçalo (1º Plano – Barreira IV) e terraço lagunar (2º Plano – Barreira II) na R. General Teles, centro da cidade de Pelotas. ....	117
Figura 50 - Área de forma de lombada costeira (Barreira II) e sua ruptura de declive com a forma de planície lacustre (Barreira IV), próximo à Av. Mato Grosso, na localidade do Barro Duro – Laranjal. ....	118
Figura 51 - Dunas costeiras da Barreira II localizadas no Laranjal. ....	119
Figura 52 - Área de terraço alúvio-lagunar esculpida em sedimentos da Barreira III. ....	122

Figura 53 - Terraço lagunar esculpido em materiais da Barreira III.....	123
Figura 54 - a) relevo em predomínio da área de influência do ESRG em Pelotas; b) planície alúvio-coluvionar do médio curso do Arroio Pelotas afeiçoada entre vertentes inclinadas de litologia cristalina (Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado) que acentuam o efeito da gravidade no transporte de materiais ao sopé das elevações do relevo. ....	127
Figura 55 - Parte da planície alúvio-lagunar de afluentes do Arroio Contagem. ....	129
Figura 56 - Planície alúvio-lagunar em área de influência do Arroio/ Lagoa Fragata e Canal São Gonçalo, próximo à cidade de Pelotas. ....	130
Figura 57 - Planície alúvio-lacustre nas proximidades à Lagoa Pequena. ....	132
Figura 58 - Estágios evolutivos de turfeira em depressão de planície de inundação. ....	133
Figura 59 - Planície paludial à margem da BR-471.....	134
Figura 60 - Planície lacustre.....	135
Figura 61 - Área de relevo afeiçoado em pontal, no Pontal da Barra.....	136
Figura 62 - (a, b, c) Registro e breve descrição de processos ativos em formas de relevo da área rural. ....	141
Figura 63 - (a, b) Registro e breve descrição de processos resultantes do pisoteio de animais.....	142
Figura 64 - (a, b, c) Registro e breves descrições de processos erosivos ativados pela obra de duplicação da BR-116. ....	143
Figura 65 - (a, b) Registro e breve descrição de processos erosivos em estradas não pavimentadas. ....	144
Figura 66 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em forma de planície paludial e terraço lagunar resultantes de intervenções antrópicas – Colônia de Pescadores Z-3. ....	145
Figura 67 - (a, b) Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pelotas resultantes de intervenções antrópicas.....	146
Figura 68 - Expansão urbana de Pelotas: a) cenário de 1984; b) cenário de 2016.	150
Figura 69 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pepino resultantes de intervenções antrópicas. ....	152
Figura 70 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Santa Bárbara resultantes de intervenções antrópicas. ....	153

Figura 71 - Solapamentos em margens de abrasão do reservatório Santa Bárbara. .....	154
Figura 72 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas. ....	155
Figura 73 - (a, b, c) Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pelotas e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas....	156
Figura 74 - (a, b) Alterações de morfodinâmicas em formas de dunas costeiras – APPD. ....	157
Figura 75 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Fragata e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas. ....	158
Figura 76 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas. ....	159
Figura 77 - Alterações de morfodinâmicas do relevo em área de influência da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas: barreira de contenção (dique) do Pontal da Barra – Laranjal. ....	160
Figura 78 - (a, b, c) Reajuste da dinâmica lagunar em linha de costa controlada por mecanismos antrópicos.....	161
Figura 79 - Alterações de morfodinâmicas em formas de planície lacustre e lombada costeira resultantes de intervenções antrópicas na localidade do Barro Duro – Laranjal. ....	162
Figura 80 - Lote urbano situado na borda da lombada costeira. ....	163
Figura 81 - Mapa geomorfológico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	165

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Chave de interpretação elaborada previamente para a definição de áreas de treinamento. ....	49
Tabela 2 - Desnível geométrico e comprimento do curso principal de sub-bacias hidrográficas que drenam a área de influência da Planície Costeira de Pelotas/ RS. ....	74
Tabela 3 - Quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas – 2011. ....	93
Tabela 4 - Dimensão da área dos padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	106

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Normais climatológicas anuais de precipitação e temperatura da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPel/INMET).....	68
Gráfico 2 - Normais climatológicas mensais de precipitação e temperatura da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - Embrapa/UFPel/INMET). ....	69
Gráfico 3 - Normais climatológicas anuais de umidade relativa da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPel/INMET).....	69
Gráfico 4 - Normais climatológicas mensais de umidade relativa da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - Embrapa/UFPel/INMET). ....	70
Gráfico 5 - Porcentagem da quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas – 2011.....	93
Gráfico 6 - Distribuição percentual da área de classes hipsométricas do município de Pelotas/ RS. ....	97
Gráfico 7 - Distribuição percentual da área das classes clinográficas do município de Pelotas/ RS. ....	98
Gráfico 8 - Distribuição percentual da área dos padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	106

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Dados digitais que estruturam o BDG da pesquisa.....	37
Quadro 2 - Principais características e aplicações das imagens do satélite Landsat 5 TM, bandas 3, 4 .....	48
Quadro 3 - Cronoestratigrafia de Litótipos/ Ambientes de sedimentação da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas. ....	64
Quadro 4 - Correlação entre a classificação anterior e a atual de solos do município de Pelotas. ....	80
Quadro 5 - Classes de solos (1º nível categórico – ordens): características e ocorrências predominantes em morfoesculturas do relevo do município de Pelotas. ....	82
Quadro 6 - Quadro-síntese de morfologias e morfocronogêneses do relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. ....	111
Quadro 7 - Área de formas em planície por onde escoam os principais cursos d'água de Pelotas. ....	125

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ALM	Agência da Lagoa Mirim
APPD	Área de Preservação Permanente Degradada
Av.	Avenida
BDG	Banco de Dados Geográficos
Bit	Binary digit
CECO	Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
dpi	Dots per inch
E	Leste
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENE	Leste-nordeste
ESE	Leste-sudeste
ESRG	Escudo Sul-Rio-Grandense
Ga	Bilhão de anos
.geotiff	Geospatial Tagged Image File Format
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ka	Mil anos
Ma	Milhão de anos
MDE	Modelo Digital de Elevação
N	Norte
NE	Nordeste
NNE	Norte-nordeste
NO	Noroeste
O	Oeste
ONO	Oeste-noroeste
OSO	Oeste-sudoeste
PCRS	Planície Costeira do Rio Grande do Sul
PDI	Processamento digital de imagens
P&B	Preto e branco

PI	Plano de Informação
Pixel	Picture and Element
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
R.	Rua
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SE	Sudeste
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
SO	Sudoeste
SQA	Secretaria de Qualidade Ambiental
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SSE	Sul-sudeste
.tif	Tagged Image File Format
TM	Thematic Mapper
Trav.	Travessa
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	<b>19</b>
1.1 Caracterização da área de estudo .....	21
1.2 Objetivos .....	23
<b>2 Metodologia</b> .....	<b>25</b>
2.1 Arcabouço teórico-metodológico.....	25
2.2 Procedimentos operacionais.....	35
2.2.1 Revisões bibliográficas .....	37
2.2.2 Organização de BDG .....	37
2.2.3 Cartografia e geoprocessamento de base .....	38
2.2.3.1 Geração de imagens anáglifo de fotografias aéreas .....	38
2.2.3.2 Seleção, processamento e interpretação de imagem de radar .....	42
2.2.3.2.1 Extração de variáveis morfométricas do relevo a partir de MDE ...	44
2.2.3.3 Seleção, processamento e interpretação de imagens de satélite.....	47
2.2.3.4 Adaptação de dados vetoriais .....	50
2.2.4 Análise e mapeamento geomorfológico.....	51
<b>3 Resultados e discussões</b> .....	<b>54</b>
3.1 Caracterização geológica da PCRS.....	54
3.1.1 Sistema de leques aluviais .....	57
3.1.2 Sistemas laguna-barreira.....	59
3.2 Caracterização de condicionantes do relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas .....	62
3.2.1 Geologia .....	62
3.2.2 Clima.....	67
3.2.2.1 Eventos extremos do clima.....	70
3.2.3 Hidrografia .....	72
3.2.4 Pedologia.....	79
3.2.5 Usos e coberturas da terra .....	90
3.3 Análise geomorfológica da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas .....	96
3.3.1 Morfologias: padrões de formas semelhantes de relevo.....	96
3.3.2 Morfocronogêneses: tipos de formas de relevo .....	109

3.3.2.1 Formas de relevo pleistocênicas .....	113
3.3.2.2 Formas de relevo holocênicas.....	124
3.3.3 Morfodinâmicas: processos ativos em tipos de formas de relevo.....	137
3.3.3.1 Processos ativos em tipos de formas de relevo e impactos ambientais associados da área rural .....	138
3.3.3.2 Processos ativos em tipos de formas de relevo e impactos ambientais associados da área urbana .....	146
3.4 Síntese geomorfológica da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas .....	163
3.3.4 Mapa geomorfológico .....	163
<b>4 Considerações finais .....</b>	<b>166</b>
<b>Referências .....</b>	<b>170</b>

## 1 Introdução

O espaço geográfico expressa uma relação conflituosa entre os elementos socioeconômicos e físico-ambientais devido à necessidade de simultaneamente se explorar e proteger os recursos naturais, condição sem a qual não pode haver sustentabilidade socioambiental. De acordo com Verdum (2005), a perspectiva atual do estudo das dinâmicas da relação sociedade-natureza confronta o geógrafo a desafios, como: a identificação de degradações ambientais resultantes de opções humanas no passado; o reconhecimento do grau de estabilidade e potencial geoecológico dos ambientes; o planejamento de ecossistemas artificiais em equilíbrio com a natureza, de maneira que os processos produtivos tenham continuidade.

A Geomorfologia como ciência que estuda a gênese, composição e os processos que atuam na conformação do relevo (FLORENZANO, 2008a) mostra-se importante para a apropriação racional do relevo como recurso/ suporte à organização do espaço geográfico mediante a conversão de propriedades geoecológicas em socioreprodutoras (CASSETI, 2015a). Em função disso, o estudo geomorfológico considera serem as potencialidades e vulnerabilidades do relevo que favorecem ou dificultam a apropriação antrópica de ambientes terrestres (FLORENZANO, 2008a).

No âmbito dessas considerações, o mapeamento geomorfológico se estabelece como ferramenta essencial para representar graficamente a espacialização dos principais elementos e atributos que compreendem o estudo da Geomorfologia: morfologia, morfogênese, morfocronologia e morfodinâmicas do relevo. Entretanto, é sempre válido recordar a ressalva de Tricart (1965 apud CASSETI, 2015a) acerca de que o mapa geomorfológico não deve ser entendido como uma concretização gráfica da pesquisa, mas sim como a base desta de maneira

que seja possível o tratamento de assuntos de interesse geográfico como a vulnerabilidade e potencialidade de recursos do relevo terrestre.

Nesse sentido, as alterações de dinâmicas e processos ambientais/geomorfológicos alertam para a necessidade de prevenção e mitigação de impactos ambientais, seja de origem antrópica ou natural. Assim, depreende-se que as ações preventivas e mitigatórias demandam o entendimento de usos e coberturas da terra de maneira inter-relacionada com os atributos morfológicos do relevo – morfográficos e morfométricos – e os demais componentes do ambiente (solo, rocha, clima, hidrografia), a fim de que se possa contribuir para a organização de parâmetros de avaliação e implementação de planos de manejo, conservação e recuperação de recursos naturais na conjuntura de morfodinâmicas (processos naturais e antropogênicos de modelagem do relevo no tempo presente).

Nessa direção, o trabalho que aqui se desenvolve inclina-se à análise e ao mapeamento da geomorfologia da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas, em escala de 1:150.000. A opção por este recorte espacial deve-se ao motivo de este trabalho estar inserido no projeto de pesquisa intitulado “MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE PELOTAS/RS”, registrado com o código 6578 na Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) desde o ano de 2013 até o presente.

Intenciona-se contribuir para com o conhecimento da área de estudo fundamentando-se em metodologias que a compartimentem considerando aspectos genéticos e cronológicos do relevo em associação a oscilações climáticas do Quaternário, as quais são conhecidas por condicionar o afeiçoamento de formas do modelado terrestre costeiro. Organizando essas informações graficamente, o mapa geomorfológico as sintetiza e, de sua análise, entende-se possível a constituição de auxílio para tomadas de decisão político-administrativas acerca da apropriação e transformação sustentável do espaço natural pelo ser humano (ente social).

Do ponto de vista técnico-científico, o trabalho se justifica pelo fato de que pequena amplitude altimétrica implica sobremaneira em dificuldades para a identificação e registro de formas de relevo; dados para mapeamentos do relevo em escalas médias, em geral, são mais limitados; e sendo possível a organização de dados digitais a partir de fontes de informação gratuita, diminui-se o dispêndio de dinheiro com levantamentos a campo ou aquisição de dados (como: imagens fotográficas, de satélite, de radar; bases cartográficas vetoriais) e amplia-se a

possibilidade de distinção de fatos geomorfológicos. Portanto, espera-se que os procedimentos para mapeamento que se aplicam com vistas a cumprir com os objetivos desta pesquisa possam estabelecer orientações para a identificação e registro de fatos geomorfológicos de áreas de aparência predominantemente plana.

### **1.1 Caracterização da área de estudo**

A área de estudo refere-se à porção da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) compreendida pelo município de Pelotas, situado no extremo sul do Brasil. Esta área localiza-se no intervalo das coordenadas geográficas de latitude 31°27'32" e 31°47'59" S e longitude 52°30'16" e 52°0'36" O, entre a margem da Lagoa dos Patos<sup>1</sup> e a ruptura de declive que delimita predominantemente no sentido sudoeste-nordeste a interface do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG) com a PCRS. Suas dimensões aproximadas são de 720km<sup>2</sup> (cerca de 44,8% da área do território municipal), 40km de comprimento e 20km de largura média. A figura 1 ilustra o arranjo socioambiental e a localização da área de influência da PCRS em relação à do ESRG no contexto de Pelotas.

---

<sup>1</sup> No caso da área de estudo, o termo lagoa é entendido como topônimo de laguna. Segundo Guerra, A. T. e Guerra A. J. T. (2008, p.381), laguna é uma “depressão contendo água salobra ou salgada, localizada na borda litorânea”.

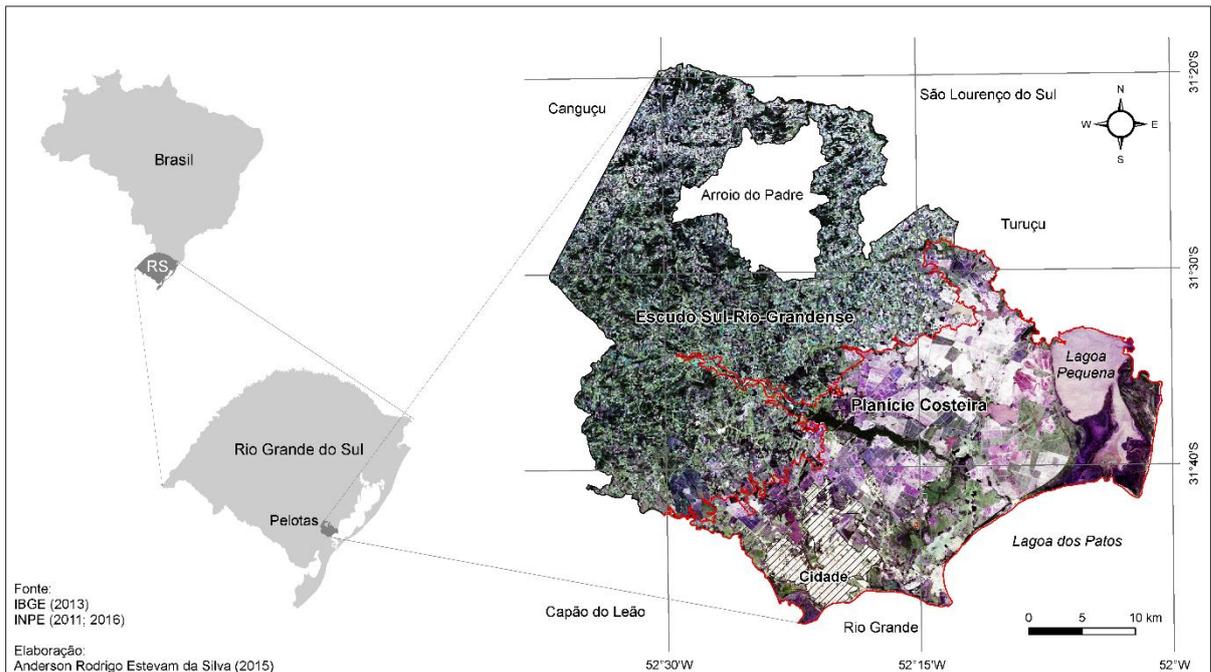


Figura 1 - Mapa de localização da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas.  
Fonte: AUTOR, 2015.

Neste contexto, Rosa (1985) explica que na Planície Costeira do referido município, em substituição dos campos nativos, desenvolveu-se inicialmente a pecuária extensiva e, posteriormente, a monocultura do arroz associada à criação de gado. Por ora, o que se verifica nas terras baixas, em conformidade com Rödel (2013) e com o que se observa empiricamente a campo, é um cenário ainda marcadamente constituído pela prática agrícola e pecuária (Figura 2), com um notável adensamento da população municipal na parte centro-sudoeste do compartimento de estudo, onde se organiza a cidade de Pelotas (Figura 3).

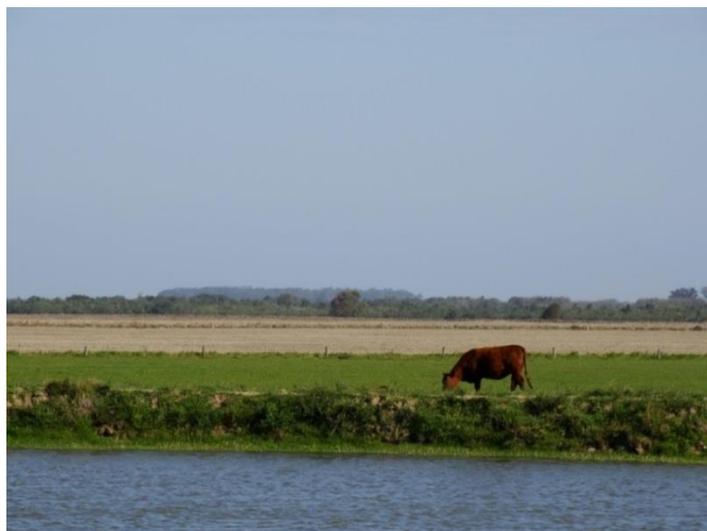


Figura 2 - Prática agrícola e pecuária.  
Lat. 31°38'6.04"S e Long. 52°14'29.67"O / Orientação: S  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.



Figura 3 - Cidade de Pelotas (parte centro-sudoeste da área de estudo) vista de eclusa do Canal São Gonçalo.

Lat. 31°48'37.16"S e Long. 52°23'18.68"O / Orientação: NE

Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

De acordo com o IBGE (2016), a população do município era de 328.275 em 2010 (ano do último censo demográfico). Atualmente, este Instituto estima que a população tenha aumentado 4,5%, um acréscimo de 15.376 habitantes. Com base em síntese socioeconômica da Zona Sul/ RS realizada pelo ITEPA/ UCPEL (2012), identifica-se na área de estudo alta taxa de urbanização (95,08%) e elevada densidade demográfica (212,61hab./km<sup>2</sup>) em relação aos municípios limítrofes; forte participação no setor de comércio/ serviços (60,49%); predomínio das produções de arroz, feijão, milho, soja e leite; e as criações de bovino, suíno e ovino. Nesta área do município, observa-se que as propriedades rurais apresentam maior dimensão espacial do que as situadas nas terras altas do ESRG. Em função de as propriedades das terras baixas da PCRS disporem de mais recurso financeiro e a morfografia plana do relevo estar associada a solos com aptidão agrícola, estas se caracterizam por praticarem uma agricultura intensiva.

## 1.2 Objetivos

Objetiva-se analisar e mapear a geomorfologia da área de influência da Planície Costeira de Pelotas/ RS, na escala de 1:150.000. Nesse sentido, almeja-se o cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

- Obter dados morfogenéticos e morfocronológicos do relevo a partir da sistematização de informações sobre a evolução geológica do modelado e

identificação de ocorrências litológicas, coberturas superficiais e pedogenéticas, bem como características climáticas e hidrográficas;

- Representar cartograficamente dados morfológicos (morfográficos e morfométricos) do modelado terrestre com base na representação cartográfica de classes hipsométricas, classes clinográficas e rupturas de declive;
- Caracterizar alterações morfohidrográficas e analisar morfodinâmicas do relevo terrestre com apoio na organização de mapeamento de usos e coberturas da terra;
- Constituir base de dados para explicações de morfodinâmicas do relevo com fundamento no reconhecimento de formas de processos geomorfológicos ativos reconhecíveis a campo, assim como evidências hidrogeomorfológicas do modelado terrestre.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Arcabouço teórico-metodológico**

Segundo Florenzano (2008a, p.11), “A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, sua gênese, composição (materiais) e os processos que nelas atuam”. Na qualidade de instrumento de análise e síntese (ROSS, 2014), a cartografia geomorfológica revela-se importante por permitir a representação genética das formas de relevo, suas relações com a estrutura e os processos, assim como a dinâmica desses processos em suas particularidades (CASSETI, 2015e).

Por um lado, a análise deve alicerçar-se em atributos morfogenéticos (processos endógenos e exógenos), morfográficos (formas do relevo), morfométricos (altitude, amplitude altimétrica, declividade, grau de dissecação do relevo, extensão de vertente), morfodinâmicos (processos erosivos, deposicionais etc., do tempo atual) e morfocronológicos (idade, absoluta ou relativa, das formas do relevo) (FLORENZANO, 2008a; TORRES; NETO; SEBASTIÃO, 2012). Por outro lado, a síntese deve basear-se em uma visão conjunta desses atributos de maneira que do mapa geomorfológico possam resultar diagnósticos ambientais e o conhecimento sobre potencialidades e limitações do ambiente à ocupação humana (IBGE, 2009).

De maneira geral, são importantes as preocupações expressas por Ross (2014) sobre: a maneira como devem ser representadas as formas de relevo; o que é considerado como forma de relevo; o tratamento taxonômico (níveis de análise do relevo); as abordagens sobre gênese, idade e processos morfogenéticos atuantes (dinâmica); e, por fim, o grau de detalhamento ou generalização da representação cartográfica.

Para Ross (2014) o entendimento do relevo deve passar pela compreensão da paisagem como um todo (o natural e o social) que necessita ser estudada a partir do mecanismo funcional de cada um de seus atributos em relação aos demais. Ross (2014, p.12) explica que:

[...] o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalações de barragens, retificações de canais fluviais, entre inúmeras outras. Todas essas modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens.

Desse modo, com o objetivo de apreender a dinâmica de funcionamento do relevo, o mesmo autor adverte que:

[...] interpretar o relevo não é simplesmente saber identificar padrões de formas ou tipos de vertentes e vales, não é simplesmente saber descrever o comportamento geométrico das formas, mas saber identificá-las e correlacioná-las com os processos atuais e pretéritos [incluindo a intervenção antrópica], responsáveis por tais modelados, e com isso estabelecer não só a gênese mas também a sua cronologia, ainda que relativa (ROSS, 2014, p.18)

Destaca-se, portanto, a importância do mapeamento geomorfológico como auxílio técnico a planejamentos de caráter socioeconômico e ambiental. Quanto a estes planejamentos, Ross (2012) concorda com o IBGE (2009) ao entender que eles devem decorrer da síntese de informações acerca do ambiente a fim de que se alcance o conhecimento de potencialidades e fragilidades das formas de relevo. Para Ross (2012), a carta de fragilidades e potencialidades necessita estar fundamentada em uma abordagem sistêmica pautada em estudos do relevo, rocha, solo, uso da terra e clima. Além disso, devem ser feitos trabalhos de campo e a geração de produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia, água, uso da terra, flora e fauna. Estes produtos devem fazer parte de um relatório técnico que sintetize as informações levantadas e mapeadas.

Acerca da abordagem geográfica em ações de planejamento, Ross (1995, p.66) afirma que:

[...] o entendimento holístico no plano sócio-econômico e ambiental de uma sociedade que vive em um determinado lugar, necessita um profundo conhecimento de sua história, de seus padrões culturais, dinâmica sócio-econômica cultural, de seus vínculos com o "mundo externo", dos seus recursos naturais/ambientais disponíveis e do modo como trata estes recursos (o ambiente).

Nesta perspectiva em que o ser humano é entendido como ser social na natureza e, por isso, alterador do relevo e de outras componentes naturais, a pesquisa em questão enfoca a análise e a cartografia geomorfológica a fim de constituir subsídio à síntese que alcança o ordenamento racional do uso de recursos naturais. Para tanto,

busca-se embasamento técnico-científico na proposição teórico-metodológica de Ab'Sáber (1969) e Ross (1992). Ambas as propostas guardam semelhanças entre si, podendo ser entendidas como complementares no contexto evolutivo das bases teóricas da disciplina geomorfológica.

De acordo com Abreu (1983), a evolução teórica da Geomorfologia ocorreu por duas linhas epistemológicas: a germânica e a anglo-americana. Segundo este autor, o resultado dessa evolução caracterizou a corrente anglo-americana como a das teorias e métodos de análise quantitativos enquanto instrumentos de pesquisa, ao passo que a germânica como a feita basicamente de:

[...] um sistema de classificação conceitual do objeto da geomorfologia expresso em suas divisões formais, um método de pesquisa que valoriza principalmente a cartografia geomorfológica e uma disciplina que incorpora parte do conteúdo formal de seu campo em um sistema de análise ambiental voltado para o homem e que surge como instrumento de articulação teórica com a geografia (ABREU, 1983, p.18-19).

Abreu (1983) frisa que é a diversidade de posturas entre as duas linhagens o que faz emergir uma unidade de conceitos com a qual se define “o campo, os níveis de tratamento e os métodos de investigação da geomorfologia” (ABREU, 1983, p.20). No Brasil, Abreu (1983) reconhece a proposição metodológica de Ab'Sáber (1969) como parte de uma tendência que visa incorporar conceitos das duas linhas enunciadas, embora a tônica sejam as raízes germânicas. Ross (2014) também compreende que o fato de essa proposta priorizar a observação sistemática e a correlação de eventos em detrimento de uma cartografia geomorfológica torne o proponente, ainda que não propositalmente, herdeiro dos naturalistas europeus – linha germânica.

Neste contexto, o próprio Ab'Sáber (1969) reconhece-se em busca do que chama de simbiose conceitual. Estando este determinado a contribuir para com a sistematização geomorfológica pondo ordem ao que define como controvérsias escolásticas, propõe um conceito composto por três níveis de tratamento para o estudo do relevo no Quaternário, os quais compreendem a:

- Compartimentação topográfica;
- Estrutura superficial da paisagem;
- Fisiologia da paisagem.

Cassetti (2015b) aprofunda estes níveis de abordagem e entende ser a metodologia proposta um ordenamento escalar dos fatos geomorfológicos, que é flexível no trato da essência dos fatos, tanto no espaço quanto no tempo.

O primeiro nível – compartimentação topográfica – diz respeito à caracterização e descrição precisa da individualização de um conjunto de formas de relevo, as quais se caracterizam por serem semelhantes devido à sua elaboração segundo condições morfogenéticas ou morfoclimáticas que respondem por relações litoestratigráficas ou que tenham estado submetidas à tectodinâmica (CASSETI, 2015b). Desse modo, quanto às suas especificidades, o modelado é entendido como resultante do antagonismo entre agentes internos (comandados pela estrutura, segundo a litoestratigrafia e a natureza tectônica) e agentes externos (morfogênese controlada por fatores climáticos), que dependem da intensidade e duração dos fenômenos para expressarem-se na evolução do relevo (CASSETI, 2015b).

O segundo nível – estrutura superficial da paisagem – corresponde a detritos superficiais, também entendidos como depósitos de cobertura, os quais estão associados a determinadas formas de transporte quando da ocorrência de processos morfogenéticos específicos (CASSETI, 2015c). De acordo com Casseti (2015c), embora os depósitos do Terciário Médio despertem interesse no estudo da estrutura superficial, maior atenção é dada aos depósitos pleistocênicos, seguidos da sequência de pequenas oscilações climáticas do Holoceno. Este autor explica que há “estreita relação entre clima, intemperismo e depósitos correlativos na caracterização da estrutura superficial.” (CASSETI, 2015c, p.3). Ross (2014, p.39) entende que este nível:

[...] propõe extrair informações da estrutura superficial da paisagem a partir de observações minuciosas dos depósitos geológicos recentes, feições geomórficas pretéritas, depósitos coluviais de vertentes, paleopavimentos detríticos, depósito de material rudáceo, paleossolos, indicadores de processos morfogenéticos comandados por paleoclimas e que permitem estabelecer correlações de fatos observados no campo com informações extraídas de outras áreas e com isso elaborar conjecturas que levam a uma interpretação genética e cronológica das formas do relevo.

O terceiro nível – fisiologia da paisagem – abrange o estudo da dinâmica atual do relevo considerando relações morfodinâmicas que, segundo Casseti (2015d, p.1), são “resultantes da consonância entre os fatores intrínsecos, ou seja, inerentes ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, dando ênfase ao uso e ocupação do modelado enquanto interface das forças antagônicas”. Envolve, portanto, a apreensão de “processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, [...] [procurando] compreender globalmente a fisiologia da paisagem através da dinâmica climática [...]” (AB’SÁBER, 1969, p.2). Nesta abordagem, são tidas em consideração informações de depósitos correlativos, os quais, estando associados a processos

morfogenéticos pretéritos e atuais, tornam necessário para o entendimento deste nível a compreensão dos dois primeiros níveis propostos (CASSETI, 2015d). Sem desconsiderar o fator antrópico, Ab'Sáber (1969) explica que a fisiologia da paisagem (ou funcionamento) deve ser estudada com base em conhecimentos sobre: “a sucessão habitual do tempo e 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'SÁBER, 1969, p.2).

Como constatado por Caseti (2015b), compreende-se que a metodologia de Ab'Sáber (1969) expressa um aumento escalar à medida que se avança do primeiro para o terceiro nível de tratamento. Em função disso, também se entende que com o aumento da escala de análise obtém-se o detalhamento de elementos que compõem as formas de relevo individualizadas em um conjunto, do que se torna possível a dedução do funcionamento pretérito e atual da paisagem quando estudada a esculturação da estrutura rochosa pelos mecanismos morfogenéticos condicionados por mudanças climáticas. Nesse sentido, a referida proposta apresenta-se fundamentalmente baseada no que Caseti (2015b), conforme exposto anteriormente, descreve como um antagonismo entre forças exógenas e endógenas.

Por sua vez, em sua proposta metodológica Ross (1992) orienta a execução de estudos técnicos de natureza geomorfológica que estejam engajados no planejamento socioeconômico e ambiental. Seu objetivo é a elaboração de uma carta geomorfológica integrada de leitura direta que constitua auxílio a planejamentos ambientais em espaços físico-territoriais de diferentes dimensões. As informações para essa cartografia decorrem do controle de observações e medidas sistemáticas alternadas entre campo e gabinete, com o uso de imagens de radar, imagens de satélite e fotografias aéreas.

Esta proposição encontra-se alicerçada em Penck (1953), no que se refere ao entendimento de que as atuais formas de relevo são produtos do antagonismo entre processos endógenos e exógenos. Além disso, apoia-se em Gerasimov (1946), Gerasimov & Mescherikov (1968) e Mescherikov (1968), que, considerando a teoria de Penck (1953), estabelecem a classificação do modelado terrestre em três categorias genéticas no tocante à análise geomorfológica: geotextura, morfoestrutura e morfoescultura. Ross (1992) atém-se às duas últimas classificações – morfoestrutura e morfoescultura –, a partir das quais o relevo é entendido como pertencente “[...] a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto

escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura” (ROSS, 1992, p.19).

Nesse sentido, com base em interpretações genéticas, o que se estabelece são dois níveis de entendimento do relevo: morfoestrutura e morfoescultura. A morfoestrutura define um determinado padrão de formas grandes do relevo de diferentes origens e idades, as quais podem ser indicadas por plataformas, crátons, bacias sedimentares e cadeias orogênicas (ROSS, 2014). Correspondente a um táxon menor, a morfoescultura é gerada pela ação climática ao longo do tempo geológico e corresponde à tipologia de formas menores ocorrentes no contexto de morfoestruturas (ROSS, 1992, 2014).

Da releitura de táxons propostos por Demek (1967), Ross (1992) organiza outros quatro táxons que completam sua proposição. Ross (1992) ressalta que sua proposta, apoiada fundamentalmente no aspecto fisionômico das formas, “é antes de tudo uma proposta que tem por base a gênese e a idade destas.” (ROSS, 1992, p.23). Além disso, o autor esclarece que é impossível “[...] estabelecer com rigidez o tamanho da forma medida em km<sup>2</sup>, com o tempo geológico e histórico medido em anos e a gênese associada a apenas um determinado processo.” (ROSS, 1992, p.23). Os demais táxons indicados são:

Terceiro táxon: Unidades morfológicas ou unidades de Padrões de formas semelhantes. Refere-se ao conjunto de formas de morfoesculturas, diferenciadas pelo formato de topos, rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, vertentes e vales de cada padrão existente (ROSS, 1992).

Quarto táxon: Tipos de formas de relevo. Corresponde a cada uma das formas das unidades morfológicas. Caracterizam-se por serem de agradação (planícies fluviais, lacustres e palustres, terraços) e de degradação (colinas, morros, cristas) (ROSS, 1992).

Quinto táxon: Tipos de vertentes. Atribui-se a qualquer vertente componente das formas do relevo, seja ela convexa, retilínea, plana, aguçada, abrupta ou côncava quanto a seu segmento (ROSS, 1992). As vertentes, segundo Ross (1992), caracterizam-se por serem dimensões menores do relevo, de gênese e idade mais recentes, onde ocorre de maneira evidente a esculturação do momento atual do tempo geológico.

Sexto táxon: Formas de processos atuais. Dentre os táxons, referem-se às menores formas, resultantes de processos geomórficos e da intervenção antrópica

nas vertentes (ROSS, 1992). Essas formas decorrem, em grande parte, das interferências antropogênicas, caracterizando-se por sulcos, ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamentos, depósitos tecnogênicos, escavações.

Uma vez definidos os táxons, ou níveis de análise de formas de relevo, pode-se com clareza operacionalizar a pesquisa geomorfológica utilizando da cartografia de relevo enquanto documento de apoio (ROSS, 1992). Graficamente, Ross (1992) organiza uma representação esquemática onde são ilustrados os táxons mencionados (Figura 4).

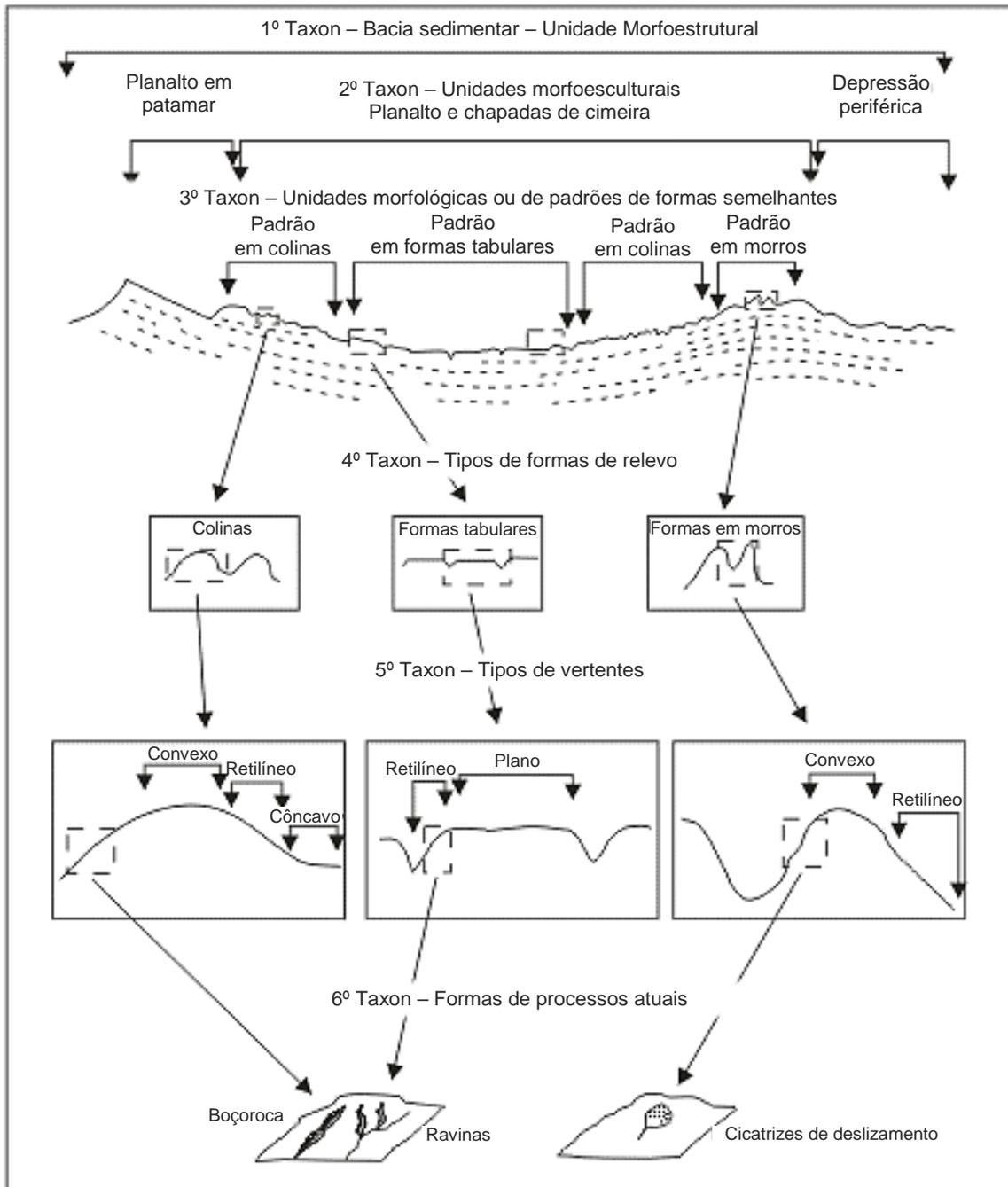


Figura 4 - Representação esquemática da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992).

Fonte: ROSS, 1992, p.22.

Dentro da concepção de mapeamento proposta por Ab'Sáber (1969) e Ross (1992) pode-se tomar como exemplo o trabalho realizado por Dutra (2016), Penteado (2011) e Rehbein (2011).

Dutra (2016) buscou elaborar um mapeamento geomorfológico da área de influência do ESRG, no município de Pelotas/ RS. Foram caracterizados os dados morfogenéticos e morfocronológicos; caracterizados e representados dados morfológicos (morfométricos e morfográficos); e caracterizadas morfodinâmicas do relevo. Para isso, foram realizadas revisões bibliográficas sobre o quadro genético-evolutivo do relevo da área de estudo; organizado um banco de dados de cartografia de base para a elaboração de produtos cartográficos. Mediante trabalho de campo foram identificadas e caracterizadas as morfodinâmicas do relevo. Como resultados, constatou-se a predominância de padrões em morros e planícies alveolares e a identificação de 1.587 cabeceiras de drenagem. Constatou-se a predominância de processos erosivos laminares em morros e morrotes. Além disso, identificou-se o assoreamento de canais fluviais em consequência da queda de taludes de margens fluviais desprovidas de vegetação ciliar. Além de exemplo enquanto aplicação das referidas proposições metodológicas, este trabalho atende à compreensão do contato morfoescultural entre o ESRG e a PCRS no contexto de Pelotas/ RS.

Penteado (2011) objetivou estudar terras inundáveis da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, localizada no Rio Grande do Sul, com base em parâmetros geomorfológicos a partir de uma abordagem sistêmica da paisagem. A atividade operacional envolveu o uso de técnicas de SIG e de Sensoriamento Remoto. Foram elaborados produtos cartográficos, como: mapa geomorfológico (terceiro nível taxonômico – padrões de formas semelhantes), mapa de lagos naturais e antropogênicos e mapas de uso. Entre os principais resultados que possibilitaram a compreensão de áreas inundáveis, foram identificadas as principais alterações antrópicas, formações litológicas, morfoesculturas, padrões de formas de relevo, solos e a incidência de lagos.

Por sua vez, Rehbein (2011) almejou análises de impactos ambientais urbanos no contexto da bacia hidrográfica do arroio Feijó, também situada no Rio Grande do Sul. Para tanto, o autor utilizou de mapeamento geomorfológico de detalhe como instrumento de referência. As atividades operacionais abrangeram levantamentos cartográficos, elaboração de mapas, trabalhos de campo e, com base nestas atividades, análises. Como resultados no contexto do mapeamento geomorfológico

de detalhe, foram reconhecidos: padrões, unidades e geometrias de vertentes do relevo e formas de processos atuais; também, aspectos pedológicos e vertentes de indicações morfogenéticas relativamente recentes do relevo, as quais se encontravam sensivelmente alteradas devido à ocupação antrópica que contribuiu para o aumento do fluxo por terra e redução da infiltração. O autor constatou que pela alteração de processos morfogenéticos, os canais fluviais foram afetados em sua funcionalidade, sendo que se observaram solapamentos de margens, assoreamentos e transbordamentos. Como prática para atenuar esses problemas, identificou-se o processo de retificação fluvial.

Considerando o que fora alcançado pelos trabalhos exemplificados e com vistas a organizar um mapeamento geomorfológico em 1:150.000, a presente pesquisa também concorda com Ross (2014) que afirma ser impraticável em escalas médias o tratamento do relevo quanto a elementos das formas. Para escalas de detalhe, destacam-se as quatro naturezas pensadas por Tricart e as informações sobre o relevo entendidas como prerrogativa pela União Geográfica Internacional (UGI) na elaboração de cartas geomorfológicas.

Para Tricart (1963 apud ROSS, 2014, p.55) as quatro naturezas referem-se aos dados que devem compor as cartas geomorfológicas detalhadas:

1. dados morfométricos, obtidos a partir da carta topográfica;
2. informações morfográficas – que devem ser registradas no mapa através de simbologia que indique não só o fenômeno, mas a sua origem [...];
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. Isto torna as informações morfográficas estreitamente ligadas às morfogenéticas.
4. cronologia – a idade das formas também deve ser estabelecida, distinguindo-se as formas funcionais das formas herdadas (paleoformas). As paleoformas indicam os processos pretéritos, enquanto que as formas atuais permitem definir o sistema morfogenético operante na região.

Conforme Ross (2014, p.55),

[...] 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.

Embora o preconizado por Tricart (1963 apud ROSS) e pela UGI esteja relacionado a escalas de detalhe, Ross (2014) considera que há unanimidade entre geomorfólogos quanto ao conteúdo geral dos mapas. Segundo este autor, de maneira geral e independente da representação gráfica, os mapas geomorfológicos precisam informar **tipos de formas de relevo, gênese e idade**. No entanto, o mesmo autor,

esclarece que a cartografia geomorfológica carece de um modelo de representação cartográfica que atenda a diferentes interesses dos estudos sobre o relevo. Assim, “ao se trabalhar com a cartografia geomorfológica é preciso ter claramente definidos os objetivos, a metodologia e a escala de representação” (ROSS, 2014, p. 58).

Nessa linha, cabe entender o objeto de estudo da Geomorfologia para que se possa organizar a representação do relevo com informações acerca de suas variáveis. De acordo com Florenzano (2008a), este objeto divide-se em **morfologia**, **morfogênese**, **morfodinâmica** e **morfocronologia**. Com base nesta autora, entende-se o que segue.

#### Morfologia:

[...] engloba a **morfografia**, que é a descrição qualitativa das formas de relevo, e a **morfometria**, que é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas, também denominadas índices morfométricos. O estudo da morfologia é o ponto de partida para o entendimento dos demais aspectos do relevo. A identificação da origem de uma feição pode ser baseada na sua forma, além do tipo de material que a constitui e da história geomorfológica da área. O tipo e a intensidade dos processos atuais de erosão estão fortemente relacionados com a morfografia e a morfometria da superfície terrestre (FLORENZANO, 2008a, p.12, grifo nosso).

#### Morfogênese:

[...] refere-se à origem e ao desenvolvimento das formas de relevo, as quais são resultantes da atuação dos processos **endógenos** e **exógenos**. Os **processos endógenos** têm origem no interior da Terra e manifestam-se por meio dos movimentos sísmicos, do vulcanismo, do magmatismo intrusivo e do tectonismo [...].

Os **processos exógenos** são movimentos externos que atuam na superfície da Terra destruindo elevações, construindo formas e preenchendo depressões. Eles englobam o **intemperismo** físico [...], químico e bioquímico; a **erosão** (ou **denudação**) [...]; a **acumulação** [...] (FLORENZANO, 2008a, p.19, grifo nosso).

#### Morfodinâmica:

[...] refere-se aos processos atuais (ativos), endógenos e exógenos que atuam nas formas de relevo. Os tipos de processos que definem as formas de relevo, classificadas de acordo com a sua gênese, não são necessariamente os mesmos que ocorrem nos dias atuais. Em muitos casos, a informação sobre processos atuais pode sobrepor-se em uma carta morfogenética. Informações referentes aos processos exógenos dominantes de uma área (erosão laminar e em sulcos, ravinas, movimentos de massa, acumulação fluvial etc.) podem ser obtidas por meio da interpretação de fotografias aéreas e imagens orbitais, bem como da análise de cartas topográficas, morfométricas e de dados de campo e laboratório (FLORENZANO, 2008a, p.23).

#### Morfocronologia:

[...] refere-se à idade, absoluta e relativa, das formas de relevo e aos processos a elas relacionados. Todas as formas de relevo caracterizam-se pelo período de sua formação e sua evolução. Assim sendo, é essencial distinguir a idade das formas, principalmente fazer a diferenciação entre formas recentes e aquelas herdadas de períodos anteriores, quando diferentes condições climáticas prevaleciam (FLORENZANO, 2008a, p.24).

Para os fins da presente pesquisa, acerca da proposta de Ross (1992), define-se como nível de análise o quarto táxon, haja vista ser no âmbito da PCRS que se intenciona representar e analisar os diferentes tipos de formas de relevo. Compreende-se que este táxon possa orientar deduções sobre as variáveis geomorfológicas – de morfologia, morfogênese, morfocronologia e morfodinâmica –, dado que as ocorrências dessas na realidade não estão limitadas por proporções escalares. Nessa linha, sobre o uso da proposta de Ab'Sáber (1969), ao considerar-se o caráter empírico e a escala de mapeamento da presente pesquisa (1:150.000), prima-se pelo primeiro e segundo nível de tratamento em detrimento do terceiro, que, conforme o autor, demanda a experimentação de variáveis relacionadas à dinâmica climática mediante observações prolongadas com equipamentos de precisão.

Chama-se a atenção para a diferença entre o que é aqui objetivado enquanto mapeamento e análise geomorfológica. O mapeamento indica e representa o que a escala cartográfica de trabalho possibilita contemplar no contexto dos níveis taxonômico e de tratamento; ao passo que a análise extrapola o assunto mapeado quando ponderadas a gênese e a cronologia relativa das formas de relevo junto às informações de clima, hidrografia, pedologia e usos e coberturas da terra. Acrescida de informações obtidas visualmente in loco, depreende-se que a referida análise pode alcançar também considerações sobre aspectos morfodinâmicos.

Em suma, como fundamentação teórico-metodológica desta pesquisa, Ab'Sáber (1969) e Ross (1992) balizam o olhar teórico sobre os fatos geomorfológicos de estudo por meio de níveis de análise que apreendem a dinamicidade desses fatos ao caracterizá-los morfológico e morfocronologicamente a partir de condições morfogenéticas e morfoclimáticas que os afeiçoam. Com base na contribuição de ambos os autores se tem o direcionamento para a organização dos procedimentos operacionais empregados na execução do mapeamento geomorfológico.

## **2.2 Procedimentos operacionais**

Os procedimentos operacionais estão divididos em quatro etapas que reúnem atividades ora realizadas em gabinete, ora em campo, conforme apresenta a figura 5.

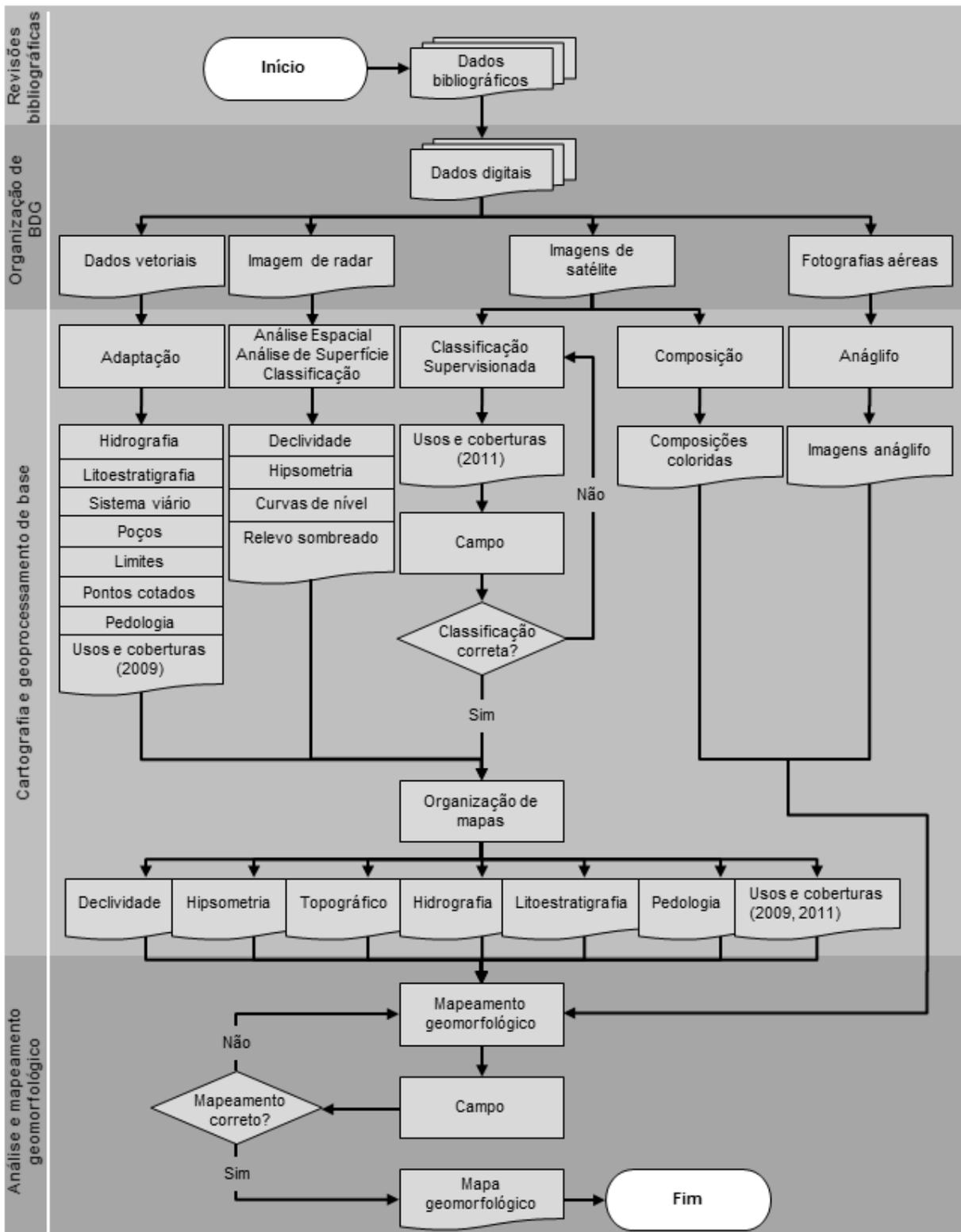


Figura 5 - Fluxograma de procedimentos operacionais da pesquisa.

Fonte: AUTOR, 2016.

A seguir, são descritas as etapas acima sumarizadas.

### 2.2.1 Revisões bibliográficas

Dizem respeito a levantamentos de aspectos e processos geológicos, climatológicos, hidrográficos, pedológicos e de usos e coberturas da terra acerca da área de estudo, de modo a embasarem considerações morfogenéticas, morfocronológicas e morfológicas, além de explicações sobre morfodinâmicas do relevo.

### 2.2.2 Organização de BDG

Diz respeito à definição dos dados digitais que estruturam um Banco de Dados Geográfico (BDG) para a organização de Planos de Informação (PIs) e mapas base da pesquisa (Quadro 1).

Quadro 1 - Dados digitais que estruturam o BDG da pesquisa.

Dado digital	Tipo de representação	Escala cartográfica	Resolução espacial	Fonte
Limite da federação; Limite estadual; Limite municipal de Pelotas.	Vetorial (polígono)	1:250.000	-	IBGE (2013)
Curvas de nível (20m); Pontos cotados (metros); Hidrografia (cursos fluviais e corpos d'água); Sistema viário.	Vetorial (linha e polígono)	1:50.000	-	Hasenack e Weber (2010)
Mapa Geológico do RS	Vetorial (polígono)	1:750.000	-	CPRM (2008)
Mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa	Vetorial (polígono)	1:250.000	-	UFRGS (2009)
Cadastro de poços – SIAGAS	Vetorial (ponto)	-	-	CPRM (2016)
Imagem de radar SRTM	Matricial	-	~30m	INPE (2016)
Imagem de satélite Landsat 5 TM (Bandas 3, 4 e 5)	Matricial	-	~30m	INPE (1985; 1986; 2000; 2011)
Fotografias aéreas digitalizadas (Voo SH-22-T – Faixas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 13A, 14)	Matricial	1:40.000	-	ALM (1953)

Fonte: AUTOR, 2016.

O mapa geológico do Rio Grande do Sul foi organizado pela CPRM (2008) a partir do levantamento de uma série de trabalhos elaborados em diferentes escalas. A escala de 1:750.000 foi utilizada para a representação cartográfica conjunta das informações. No contexto regional da área de influência da PCRS em Pelotas, a CPRM (2008) utilizou-se dos Mapas Geológicos da Região Costeira do Rio Grande do Sul organizados por Favilla et al., no ano de 2000, em escala de 1:250.000. No âmbito da influência do ESRG em Pelotas, a CPRM (2008) amparou-se no trabalho de Philipp, publicado em 1998, que abordou a evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. Embora seja provável a generalização de informações do mapa da CPRM (2008), observa-se que essa referência apresenta maior detalhamento litoestratigráfico do que o mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL em 1:250.000.

### **2.2.3 Cartografia e geoprocessamento de base**

Esta etapa ocorre em ambiente computacional, onde é realizado o processamento de materiais do BDG para a geração de PIs referentes a anáglifos, declividade, hipsometria, curvas de nível, relevo sombreado, composições coloridas, usos e coberturas, hidrografia e litoestratigrafia. Os PIs gerados são todos referenciados espacialmente com a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) (Fuso 22S) e o Datum do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS2000)<sup>2</sup>.

#### **2.2.3.1 Geração de imagens anáglifo de fotografias aéreas**

A geração de imagens anáglifo visa tornar perceptível a diferença de profundidade entre objetos da superfície terrestre registrados em fotografias aéreas. Esta profundidade é consequência de um fenômeno chamado de estereoscopia.

---

<sup>2</sup> A escolha deste Datum pauta-se em resolução do IBGE (2005) que altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.

Anderson (1982) explica que pessoas com visão normal possuem visão binocular (tridimensional), ou seja, com cada olho registram imagens com diferentes posições de observação sobre um mesmo objeto. Assim, pode-se entender que a estereoscopia em fotografias aéreas ocorre quando cada olho humano retoma as posições diferentes de registro, de um dado ponto da superfície terrestre, realizado por uma câmara fotográfica durante um levantamento aerofotogramétrico, o qual se dá a partir do recobrimento parcial de fotografias em sequência (Figura 6). Esta retomada (ou indução de engano ao cérebro) de posições pode ser propiciada por estereoscópio de espelhos, estereoscópio de bolso, luz polarizada ou anáglifo (SANTOS; DIAS, 2011).

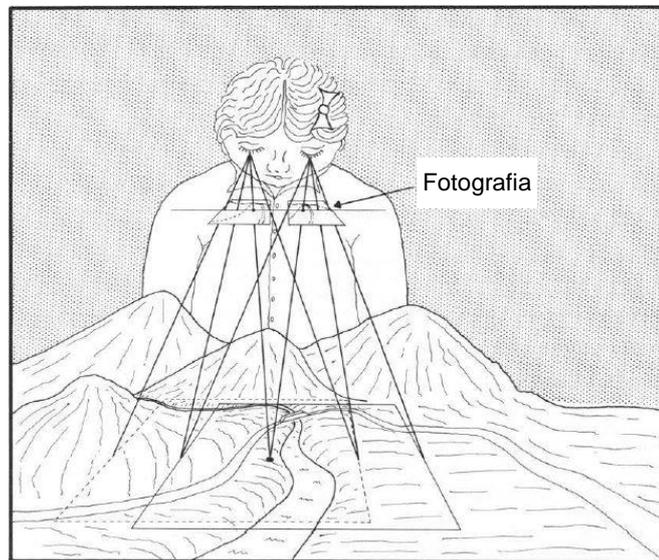


Figura 6 - Exemplo hipotético de uma pessoa gigante capaz de observar a superfície terrestre com sua visão binocular, e, para a situação de uma pessoa real, com o recurso do recobrimento parcial de um par de fotografias aéreas de um mesmo ponto.

Fonte: MCNEIL, 1954 apud ANDERSON, 1982, p.56.

No caso das imagens anáglifo, estas decorrem da atribuição de cores complementares – vermelho e ciano – a cada fotografia de um par fotográfico (fotografias em sequência e parcialmente sobrepostas) em ambiente computacional. Estando parcialmente sobreposta uma fotografia a outra, a observação destas com um óculos de filtro nas mesmas cores complementares resulta na recepção de uma cor complementar em cada um dos olhos, causando a percepção de profundidade – terceira dimensão – (Figura 7).



Figura 7 - Óculos 3D para visualização de imagem anáglifo.

Fonte: AUTOR, 2016.

A percepção da profundidade proporcionada pelo método anaglífico é de relevante importância. Loch (2008, p.59), acerca da fotointerpretação geomorfológica, assinala que “a análise das fotografias aéreas em estereoscopia permite o exame das formas do relevo do terreno e as tornam ferramentas básicas para o trabalho de mapeamento geomorfológico”. O mesmo autor explica que, consideradas textura e tonalidade da rede de drenagem e da vegetação, pode-se alcançar a cartografia de unidades geomorfológicas homogêneas, onde são identificadas feições estruturais dominantes.

No entanto, com relação a essas vantagens, também é preciso destacar que as fotografias aéreas são caracterizadas por distorções radioconcêntricas que denotam maior distorção de objetos quanto mais distante estes estejam do centro das fotografias (MENESES; FIGUEIREDO; LEITE, 2008). Isso se deve à projeção cônica com que são feitos estes registros fotográficos. Conforme Meneses, Figueiredo e Leite (2008), a principal técnica utilizada para a minimização dessas distorções é a ortorretificação. A aplicação desta técnica, segundo estes autores, ocorre com a conversão do sistema de projeção cônico para o ortogonal. Todavia, dado que as imagens anáglifo já respondem por certa atenuação de distorções em função de ser o centro das fotografias o principal parâmetro para o recobrimento destas até que se alcance a estereoscopia digital, não se realiza a ortorretificação nas fotografias utilizadas nesta pesquisa.

A geração dessas imagens contempla as fotografias aéreas verticais de escala 1:40.000, em P&B, com dimensões de 23x23cm e recobrimento longitudinal 60% e latitudinal 25%, registradas pela Força Aérea Brasileira (FAB) em 1953 e disponibilizadas em formato digital (com resolução de 300dpi) pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), da UFPel. A abrangência da área de estudo corresponde às faixas de voo 8 (fotografias 22 e 23), 9 (fotografias 64 e 65), 10

(fotografias 103 a 114), 11 (fotografias 117 a 132), 12 (fotografias 161 a 177), 13 (179 a 194), 13A (96 a 98) e 14 (16 a 23).

A digitalização das fotografias estabelece-se com a conversão do arquivo analógico em digital, que sob a forma de uma matriz é reconhecido como imagem, onde as informações registradas analogicamente passam a ser evidenciadas pelo valor do *picture and element (pixel)*. Com base nessas imagens já organizadas na ALM, os anáglifos são gerados em ambiente computacional mediante ações de: a) importação dos pares de fotografias digitalizados da área de estudo; b) com o uso do óculos 3D, ajuste vertical e horizontal das imagens até o alcance da percepção de profundidade; e c) exportação em formato .tif das imagens anáglifo criadas. O resultado é expresso pela figura 8.



Figura 8 - Imagem anáglifo de fotografia aérea.

Fonte: ALM, 1953.

Organização: Danilo da Silva Dutra, 2015.

Uma vez exportadas as imagens anáglifo, estas são inseridas em um SIG para que sejam georreferenciadas, do que resultam novos anáglifos em formato .geotiff (Projeção UTM, Datum SIRGAS2000). Estes novos arquivos são integrados a outros PIs igualmente georreferenciados a fim de que informações levantadas de sua interpretação possam ser enriquecidas.

### 2.2.3.2 Seleção, processamento e interpretação de imagem de radar

A imagem SRTM potencializa a identificação de formas e a especulação de processos do relevo terrestre. Sua tridimensionalidade associada à possibilidade de indicação e mensuração de variáveis morfológicas – morfográficas e morfométricas – justifica a sua utilização neste trabalho.

A imagem selecionada (ou Modelo Digital de Elevação – MDE) advém do projeto TOPODATA, do INPE (2016), o qual utiliza do interpolador inexato *kriging* para o tratamento de imagens SRTM ofertadas pelo USGS (*United States Geological Survey*). Estas resultam de dados de elevação coletados entre 11 e 22 de fevereiro de 2000 pela Nasa (*National Aeronautics and Space Administration*) em cooperação com a Nima (*National Imagery and Mapping Agency*), Departamento de Defesa dos Estados Unidos e agências espaciais da Alemanha e da Itália (VALERIANO, 2008). De modo geral, o TOPODATA objetiva tornar os dados SRTM mais condizentes à realidade da superfície terrestre, corrigindo valores altimétricos e suavizando a sensibilidade desses dados a objetos da superfície no contexto do território brasileiro (VALERIANO; ALBUQUERQUE, 2010).

Os produtos gerados pelo TOPODATA arranjam o Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil com informações de altitude, declividade, orientação, curvatura vertical, curvatura horizontal, forma de terreno, relevo sombreado e divisores e talwegues. A oferta dessas imagens pelo TOPODATA ocorre desde agosto de 2008, com resolução espacial de ~30m. Embora, atualmente, disponíveis dados de elevação com ~30m de resolução espacial pelo USGS, opta-se pelo produto TOPODATA em função de os dados já terem sido melhor refinados. Entretanto, para os fins dessa pesquisa ainda assim são desenvolvidas atividades de Processamento Digital de Imagens (PDI).

Neste sentido, em *software* de geoprocessamento realiza-se a transformação do MDE TOPODATA (~30m) de Pontos Contínuos de 32bit (*Float Point 32bit*) para Números Inteiros Não Sinalizados de 16bit (*Unsigned Integer 16bit*) por meio de ferramenta de edição matricial. Na sequência, são corrigidas pequenas imperfeições do MDE TOPODATA com o uso de algoritmos de Análise Espacial (em inglês, *Spatial Analyst*) voltados à hidrologia. Estes algoritmos permitem identificar e corrigir vazios (*pixels* desprovidos de valor altimétrico), depressões e áreas de drenagem com base

na inclinação do relevo, a qual é calculada automaticamente segundo o valor altimétrico da vizinhança de cada um dos *pixels*.

As imperfeições identificadas definem *pixels* defeituosos, problema bastante comum em relevos de pequena amplitude altimétrica. Sendo assim, dos produtos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil utiliza-se somente dados de altitude, pois as demais informações disponíveis derivam do MDE TOPODATA e, por isso, sofrem indesejável influência de objetos da superfície. A fim de obter a matriz de um PI de relevo sombreado, usa-se de ferramenta de Análise de Superfície (em inglês, *Surface Analysis*) para extrair esta informação a partir do MDE TOPODATA processado para a área de estudo (Figura 9).

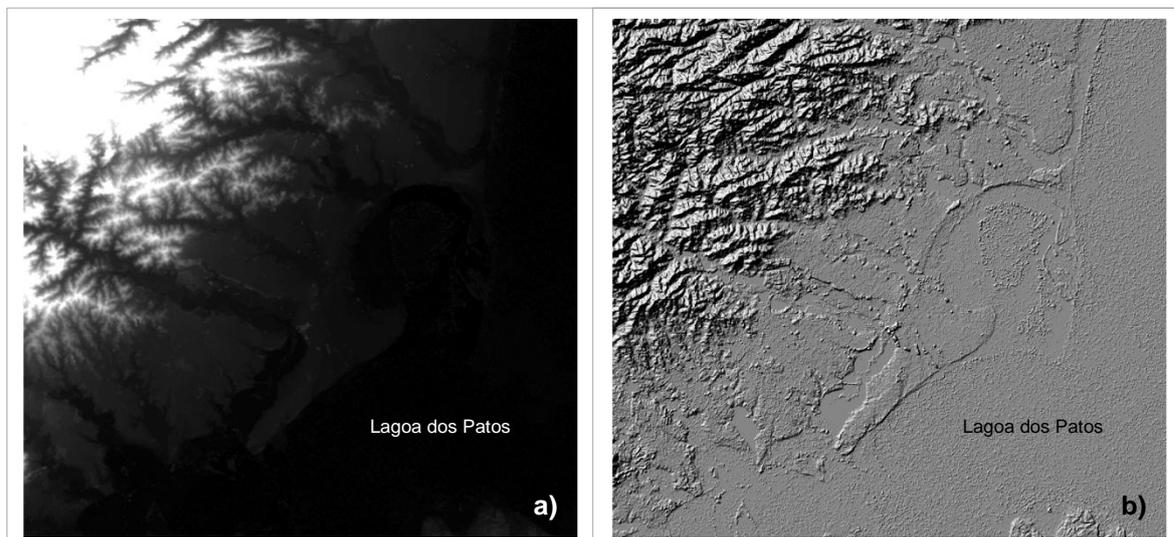


Figura 9 - a) MDE processado a partir de dado de altitude do Projeto TOPODATA; b) Relevo sombreado derivado de MDE processado.  
Fonte: AUTOR, 2016.

Para verificar se o MDE processado condiz à realidade, analisam-se visualmente os alvos representados por este produto em comparação ao comportamento dos mesmos alvos nas imagens de satélite do *software Google Earth Pro*, considerando-se propriedades relativas à umidade e forma de objetos da superfície terrestre. Com relação às imagens de radar, Florenzano (2008b) explica ser a interação da radiação – emitida pelo radar – com a superfície terrestre dependente de propriedades dielétricas (influência da umidade) e geométricas (forma dos objetos – rugosidade). A umidade afeta a constante dielétrica que influencia a capacidade dos materiais em absorver, refletir e transmitir energia de micro-ondas. A rugosidade, por sua vez, é proporcional à quantidade de retroespalhamento da radiação. Este retroespalhamento pode acontecer por reflexões do tipo difuso, especular e de canto.

Conforme Florenzano (2008b), estas imagens são obtidas em função do retorno (reflexão) de sinais emitidos pelo radar, denominados como sinais de retorno. Assim, ela esclarece que, de modo geral, constituem refletores de canto materiais com altos sinais de retorno e que são representados com tons de cinza claros – vertentes voltadas para o sensor, objetos rugosos, objetos com grande umidade, objetos de metais e áreas urbanas e demais áreas construídas. Os refletores difusos são os que retornam sinais fracos a moderados e são representados com tons de cinza médios, podendo apresentar, frequentemente, considerável textura. Já os refletores especulares retornam baixos sinais e sua representação ocorre com tons de cinza-escuros – águas calmas, estradas asfaltadas e praias –, como pode ser observado na área da Lagoa dos Patos ilustrada pela figura 9a.

#### **2.2.3.2.1 Extração de variáveis morfométricas do relevo a partir de MDE**

A extração de variáveis morfométricas ocorre com base no MDE TOPODATA processado para a área de estudo. As variáveis que se obtém formam PI de curvas de nível, declividade e hipsometria.

Curvas de nível decorrem da interligação de pontos de igual altitude por uma linha que, segundo uma dada equidistância, define faixas de desnível do relevo em relação a um plano horizontal referente ao nível do mar. Esse desnível acaba por evidenciar o ângulo de inclinação de segmentos de vertente. O ângulo de inclinação determina as declividades do relevo, que podem ser expressas em grau ou porcentagem (VALERIANO, 2008). Assim, tendo-se em conta aspectos relacionados à hidrologia, conforme aborda Netto (2007), pode-se compreender o equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração da água no solo em função da variável declividade, que influencia processos de erosão, transporte e deposição sedimentar.

Neste sentido, objetiva-se com as curvas de nível representar as pequenas ondulações do relevo da área de estudo. Enquanto PDI usa-se de ferramenta de Análise de Superfície para a extração automática de contorno altimétrico (curva de nível) com equidistância de 1m. Apesar de o MDE ser afetado por alvos e isto interferir no desenho das curvas obtidas, o dado resultante responde representando rupturas de declive da superfície terrestre, o que facilita sobremaneira a análise de tipos de

formas do relevo. Comparando-se visualmente estas curvas com as curvas de nível e os pontos cotados organizados por Hasenack e Weber (2010) a partir de cartas topográficas, observa-se que há correspondência espacial entre os dados cartográficos e os derivados do MDE processado, conforme mostra a figura 10.

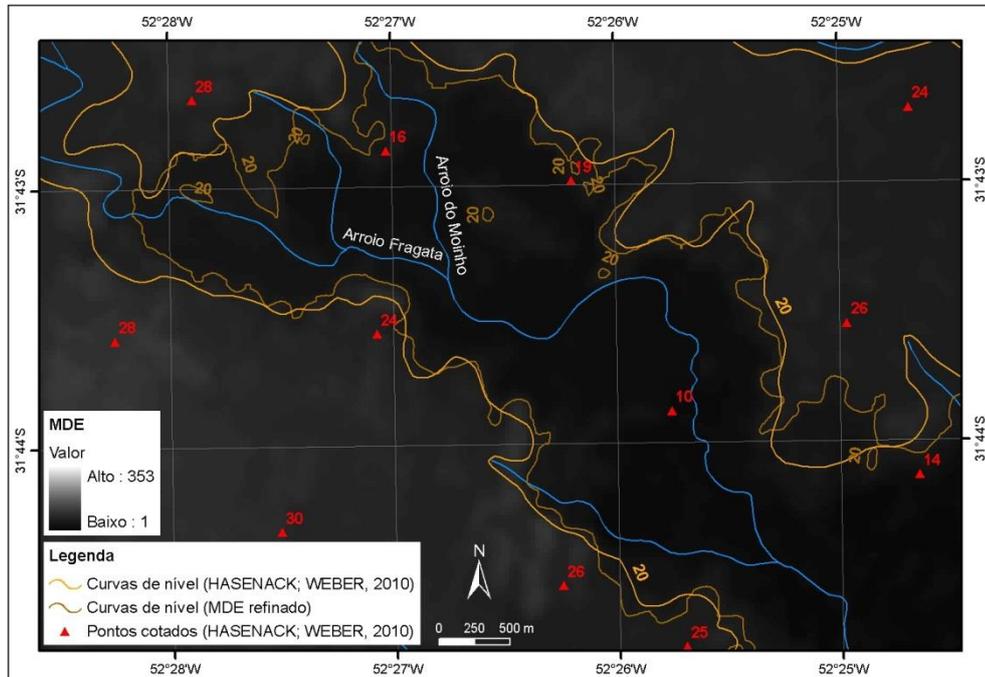


Figura 10 - Correspondência espacial entre curvas de nível derivadas de MDE refinado e curvas de nível oriundas de cartas topográficas – isolinhas de 20m.  
Fonte: AUTOR, 2016.

A declividade é extraída mediante Análise de Superfície e Classificação manual do PI gerado. Como parâmetro à classificação das declividades, faz-se um detalhamento das classes apresentadas por Santos et al. (2013). Procede-se assim com vistas a melhorar a visualização de informações da área de estudo, devido ao fato de esta ser caracterizada por superfícies pouco inclinadas. Desse modo, o PI de declividade apresenta as seguintes classes em porcentagem: <2 (Plano); 2 a 5 (Suave ondulado); 5 a 10 (Ondulado); 10 a 20 (Forte ondulado); >20 (Extremamente ondulado). As classes de maior inclinação (Forte ondulado e Extremamente ondulado) servem para evidenciar o contato entre as morfoesculturas PCRS e ESRG. Na figura 11, é apresentado um recorte do PI das declividades enunciadas.

Com relação ao PI de hipsometria, de igual modo, utiliza-se de Análise de Superfície e Classificação manual do MDE para a sua extração. São determinadas, arbitrariamente, 30 classes de intervalo de 1m, com base no valor altimétrico de cada *pixel*, pois a definição de classes de maior intervalo resulta em perda de dados. A figura 12 apresenta um recorte das classes hipsométricas organizadas.

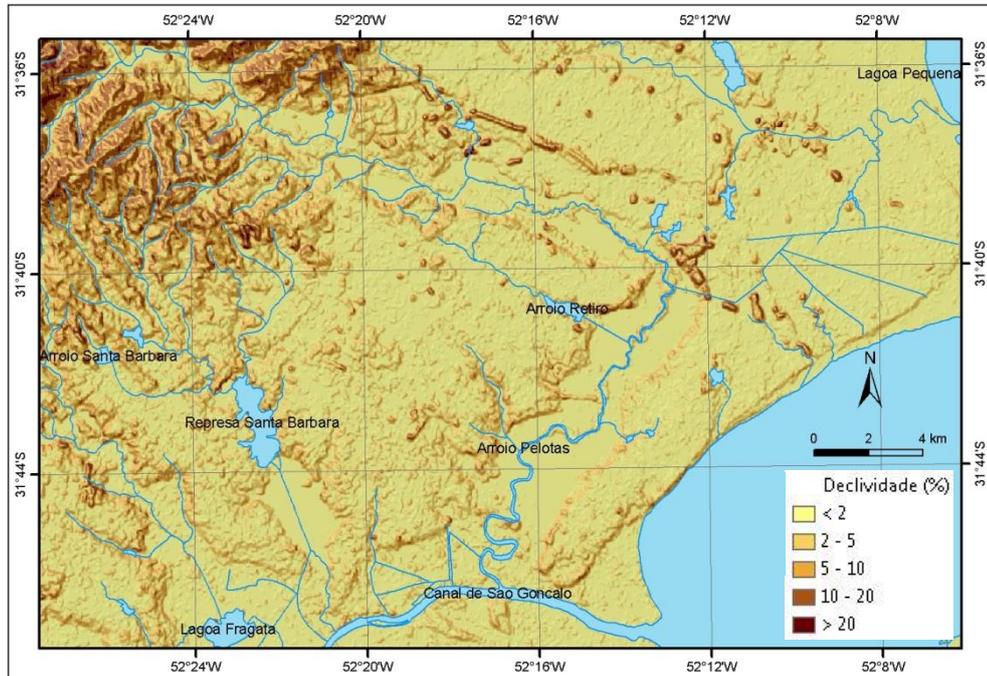


Figura 11 - Classes de declividade sotopostas a relevo sombreado de transparência 70%.

Fonte: AUTOR, 2016.

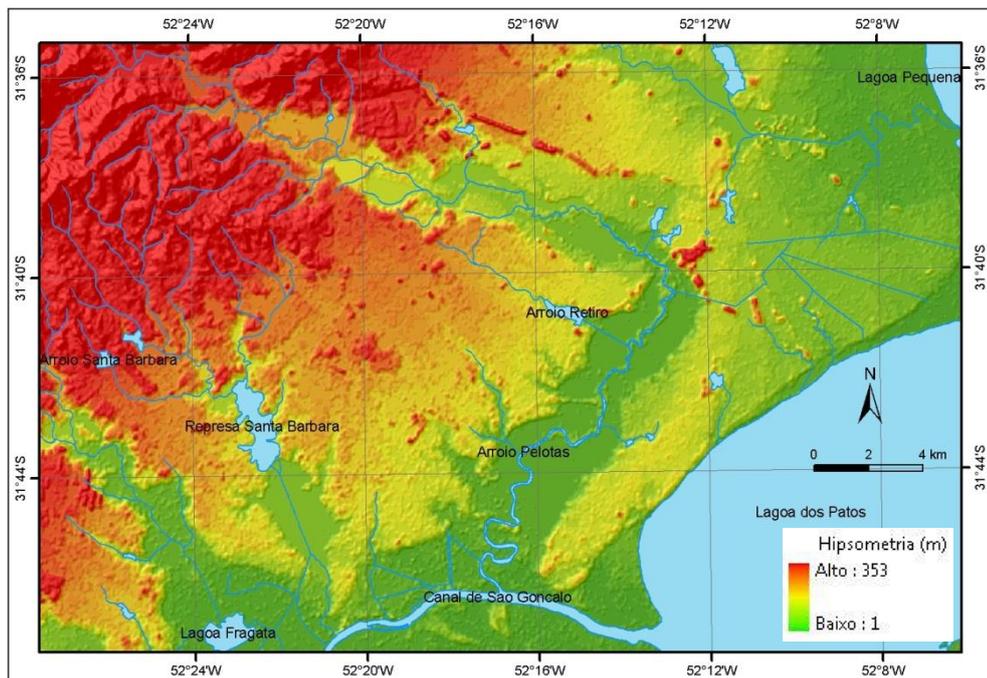


Figura 12 - Classes de hipsometria sotopostas a relevo sombreado de transparência 70%

Fonte: AUTOR, 2016.

O valor extremo de 353 que aparece no recorte do PI de MDE na figura 10 e no PI de hipsometria na figura 12 deve-se à área de influência do ESRG, onde ocorrem as maiores elevações de Pelotas. O relevo sombreado citado nas figuras apresentadas tem por função evidenciar a terceira dimensão do relevo.

### **2.2.3.3 Seleção, processamento e interpretação de imagens de satélite**

Por meio de suas bandas espectrais as imagens de satélite indicam características da superfície terrestre a partir de alterações da reflectância da radiação solar (energia eletromagnética) emitida por objetos. A soma dessas respostas de reflectância favorece a aquisição de dados estruturais do relevo, possibilitando a cartografia generalizada de aspectos morfológicos (LOCH, 2008).

Entendendo-se que a umidade afeta a interação da energia eletromagnética com os objetos (FLORENZANO, 2008b), procura-se compilar imagens com datação próxima à ocorrência dos maiores índices pluviométricos com a finalidade de identificar a área de influência de cursos fluviais e de corpos lagunares, haja vista ser esta consequência da profundidade e surgência do lençol freático. Ademais, de modo a obter realce natural de formas do relevo e distinção do contato entre as unidades morfoesculturais PCRS e ESRG, consideram-se imagens com baixo ângulo de elevação solar, conforme recomendado por Florenzano (2008b).

Como material, selecionam-se imagens da banda 3 (faixa do visível referente à cor vermelha), banda 4 (infravermelho próximo) e banda 5 (infravermelho médio) do satélite Landsat 5, instrumento (sensor) TM, de média resolução espacial (30m), com 185km de faixa de imageamento e resolução temporal de 16 dias. Opta-se por estas bandas a partir da consideração de suas características e aplicações, conforme o que expõe o Quadro 2.

Auxilia o levantamento das imagens mencionadas os dados de Normais Climatológicas da Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/ RS – Embrapa/ UFPel/ INMET, segundo registros decendiais referentes aos meses do período de 1984 a 2000, faixa de anos correspondente às datas das imagens Landsat disponibilizadas pelo INPE para a área de estudo. Dessa forma, levantam-se as imagens Landsat 5 TM com datação: 11/04/1985, 01/06/1986 e 23/06/2000. Além dessas, levanta-se a imagem Landsat 5 TM mais atual disponibilizada pelo INPE de data 28/10/2011, a qual serve como fonte de dados acerca de usos e coberturas da terra.

Quadro 2 - Principais características e aplicações das imagens do satélite Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5, acerca da resposta espectral.

Banda	Principais características e aplicações
3	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

Fonte: INPE, 2016.

Com relação ao PDI, este envolve tarefas de pré-processamento, técnicas de realce e técnica de classificação digital supervisionada, sendo que esta última técnica fica restrita à imagem de data 28/10/2011. A seguir, são descritas as tarefas que são desenvolvidas.

#### *Pré-processamento*

Contempla a mudança do Datum WGS84 para o SIRGAS2000 das imagens selecionadas.

#### *Técnicas de realce*

Aumento linear de contraste: este procedimento auxilia sobretudo na identificação de características do relevo. Consiste na redistribuição dos níveis de cinza (DNs) para todo o intervalo disponível do histograma das imagens do satélite escolhido, as quais sendo de 8 *bits* possuem intervalo de 255 níveis de cinza. Para tanto, para o histograma de cada uma das imagens transforma-se os valores mínimos e máximos, respectivamente, em zero e 255, de modo que seja melhorada a visualização e facilitada a interpretação.

Geração de composições coloridas falsa-cor: é importante devido ao fato de o olho humano distinguir cerca de cem vezes mais cores do que tons de cinza

(FLORENZANO, 2008b). É realizada com a projeção e sobreposição das bandas das imagens selecionadas a filtros coloridos das cores primárias azul, verde e vermelho (Figura 13).

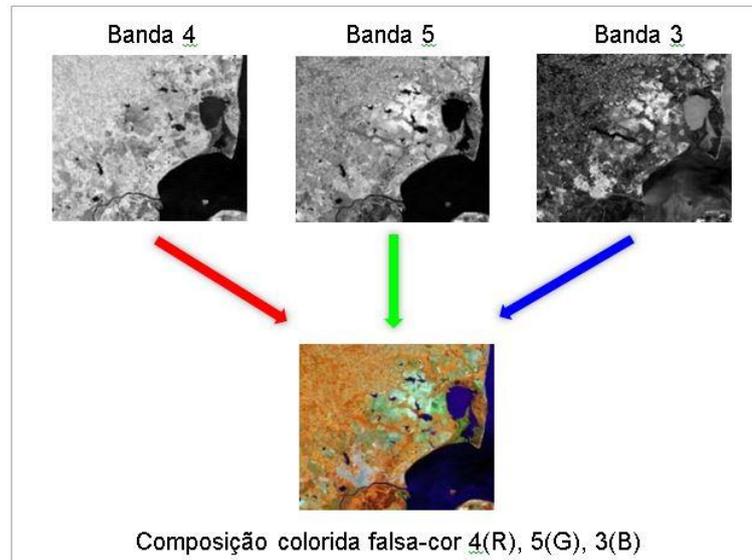


Figura 13 - Composição de imagem colorida falsa-cor da área de influência da Planície Costeira de Pelotas, obtida a partir das imagens Landsat 5 TM com bandas 3, 4 e 5 associadas ao filtro azul, vermelho e verde, respectivamente.

Fonte: AUTOR, 2016.

### *Classificação digital supervisionada*

No uso desta técnica, são definidas assinaturas espectrais de categorias de usos e coberturas da terra conhecidas empiricamente pelo pesquisador, as quais o computador associa a partir do padrão de resposta espectral da composição colorida gerada. Este padrão é reconhecido após a definição de áreas de treinamento baseadas em uma chave de interpretação que as identifica, conforme exposto na tabela 1.

Tabela 1 - Chave de interpretação elaborada previamente para a definição de áreas de treinamento.

Identificadores	Classes de usos e coberturas da terra
1	Área Urbana
2	Cobertura herbácea
3	Silvicultura
4	Mata nativa
5	Áreas Úmidas
6	Água
7	Solo Exposto

Fonte: AUTOR, 2015

As áreas de treinamento são criadas mediante a delimitação por polígono (arquivo vetorial) de amostras representativas de usos e coberturas. Estas amostras são associadas a identificadores que, com base no padrão de resposta espectral da área delimitada, constituem diferentes classes de usos e coberturas. Nesse sentido, são extraídas dez amostras de assinaturas espectrais de cada um dos usos e coberturas classificados com o fim de que cerca de 10% da área total de cada classe seja contemplada. Para a extração dessas amostras tem-se como fundamento as chaves de interpretação apresentadas por Florenzano (2008b) para composição de mesmo tipo quanto aos diferentes tipos de usos e coberturas da terra.

Para a classificação da composição 453 utiliza-se o método da Máxima Verossimilhança em que os valores de reflectância de uma área de treinamento são descritos por uma função de densidade de probabilidade, com base na estatística Bayesiana. Este classificador verifica a probabilidade que um *pixel* tem de pertencer a uma determinada classe e o classifica na categoria que tiver maior probabilidade (CRÓSTA, 1992).

Uma vez feita a classificação, realiza-se saída a campo para conferência e validação das classes organizadas, as quais também são validadas mediante o uso de imagens de maior resolução espacial, como as provenientes da constelação de satélites *Digital Globe* disponibilizadas na visualização do *software Google Earth Pro*. O campo fundamenta-se em pontos de observação definidos previamente a partir da verificação de diferentes condicionamentos do relevo aos tipos de usos e coberturas identificados. Em caso de que se verifique incoerência da classificação em relação à realidade, retoma-se a atividade de classificação a fim de corrigir o PI de usos e coberturas.

Atribuídos de referência espacial, os pontos de observação são registrados fotograficamente, a fim de formar material auxiliar para o mapeamento geomorfológico, etapa subsequente.

#### **2.2.3.4 Adaptação de dados vetoriais**

Compreende atividades de adaptação de dados para o contexto da área de estudo. Da realização destas atividades resultam PI de hidrografia, litoestratigrafia,

sistema viário, poços, limite municipal, pontos cotados, pedologia e usos e coberturas da terra (Mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa).

A obtenção do PI de litoestratigrafias é feita com a transformação do Datum WGS84 para o SIRGAS2000 e recorte do “Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul” (1:750.000) da CPRM (2008). Entendendo-se que a escala deste Mapa Geológico é pequena, suas informações são enriquecidas com os dados pontuais de litoestratigrafia contidos nas informações de poços cadastrados no SIAGAS, também organizado pela CPRM (2016).

Acerca do PI de pedologia, de início, procede-se com a atualização de classes de solo identificadas por Cunha (1996b) no município de Pelotas. Para tanto, utiliza-se como fundamento a classificação de Santos et al. (2013) – 1º nível categórico. Após isso, realiza-se a vetorização do “Mapa de Solos de Pelotas” (Cunha, 1996b) (1:100.000) para a obtenção de um PI atualizado e possível de ser inserido em um SIG.

O PI de usos e coberturas da terra é consequência do recorte para o contexto da área de estudo do “Mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa”, organizado pelo Centro de Ecologia da UFRGS (2009).

Por sua vez, o PI de hidrografia decorre do recorte do vetor de cursos fluviais e corpos d’água da “Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul” (1:50.000), de Hasenack e Weber (2010), para o limite da área de estudo. Ao PI de hidrografia são acrescentadas as informações de poços do SIAGAS como auxílio ao entendimento do fluxo da água subterrânea.

Por fim, os PIs de sistema viário, poços, pontos cotados e limite municipal resultam de sua padronização ao Datum SIRGAS2000 e recorte de suas informações para o âmbito do objeto de estudo. Os dados referentes a limite estadual e federal são utilizados para fins de localização, sendo, portanto, mantidos como foram obtidos do IBGE (2013).

#### **2.2.4 Análise e mapeamento geomorfológico**

Em ambiente SIG, sobrepõem-se os mapas organizados (de declividade, hipsometria, topografia, hidrografia, litoestratigrafia, pedologia e usos e coberturas da

terra) e os PIs de composições coloridas (imagens de satélite datadas de 11/04/1985, 01/06/1986 e 23/06/2000) junto aos PIs de imagens anáglifo de fotografia aérea. A sobreposição destina-se à análise de PIs e mapas em associação às informações revisadas bibliograficamente e às observadas em campo sobre aspectos e processos do relevo.

Na identificação de morfologias (morfografias e morfometrias) do relevo da área de estudo, destacam-se os PIs de curvas de nível (com equidistância de 1m), clinografia (declividade) e hipsometria (altitude) extraídos de imagem de radar (MDE). Complementarmente um ao outro, estes dados auxiliam o mapeamento de rupturas de declive mediante a análise visual da rugosidade topográfica e da área de influência de cursos fluviais e corpos d'água, que são analisadas em imagens anáglifo de fotografias aéreas e em composições coloridas de imagens de satélite.

Utilizadas no mapeamento de padrões de formas de relevo, as informações de elementos topográficos, hipsometria e declividade auxiliam a identificação de morfocronogêneses do relevo a partir da delimitação de litoestratigrafias e solos dentro do que se apreende enquanto nuances do modelado terrestre, as quais são definidas por descontinuidades da superfície terrestre. No entanto, a observação dessas descontinuidades nem sempre pode ter como parâmetro só as rupturas de declive, mas também as diferenças da situação espacial da litologia, solo e vegetação. Essa necessidade se deve ao afeiçoamento do relevo sem nítida variação de aclave no contato entre algumas de suas formas. Nesses casos, admite-se ênfase às litoestratigrafias e aos solos em conjunto a imagens anáglifo de fotografias aéreas e imagens de satélite (composições coloridas) como direcionamento na distinção de morfografias a partir da descontinuidade do modelado no tocante a elementos que o compõem – como a litologia, solo e vegetação.

Para se analisar as morfodinâmicas do relevo da área de estudo procede-se com o cruzamento dos usos e coberturas da terra com os tipos de formas de relevo. Além disso, busca-se amparo em imagens anáglifo de fotografias aéreas e em imagens de satélite (composições coloridas) a fim de se identificar feições resultantes de processos geomorfológicos ativos. Para tanto, haja vista a diferença existente entre as atividades rurais e urbanas e, portanto, o modo e a intensidade distintos de interferência dessas no relevo, consideram-se processos ativos e impactos ambientais associados de maneira particular à área rural e urbana da Planície Costeira de Pelotas. Na sequência, realiza-se a segunda saída a campo para validar as

informações mapeadas e editá-las em caso de que não correspondam à realidade do relevo.

A etapa de análise e mapeamento geomorfológico compreende atividades divididas em outras quatro etapas, conforme apresenta a figura 14.

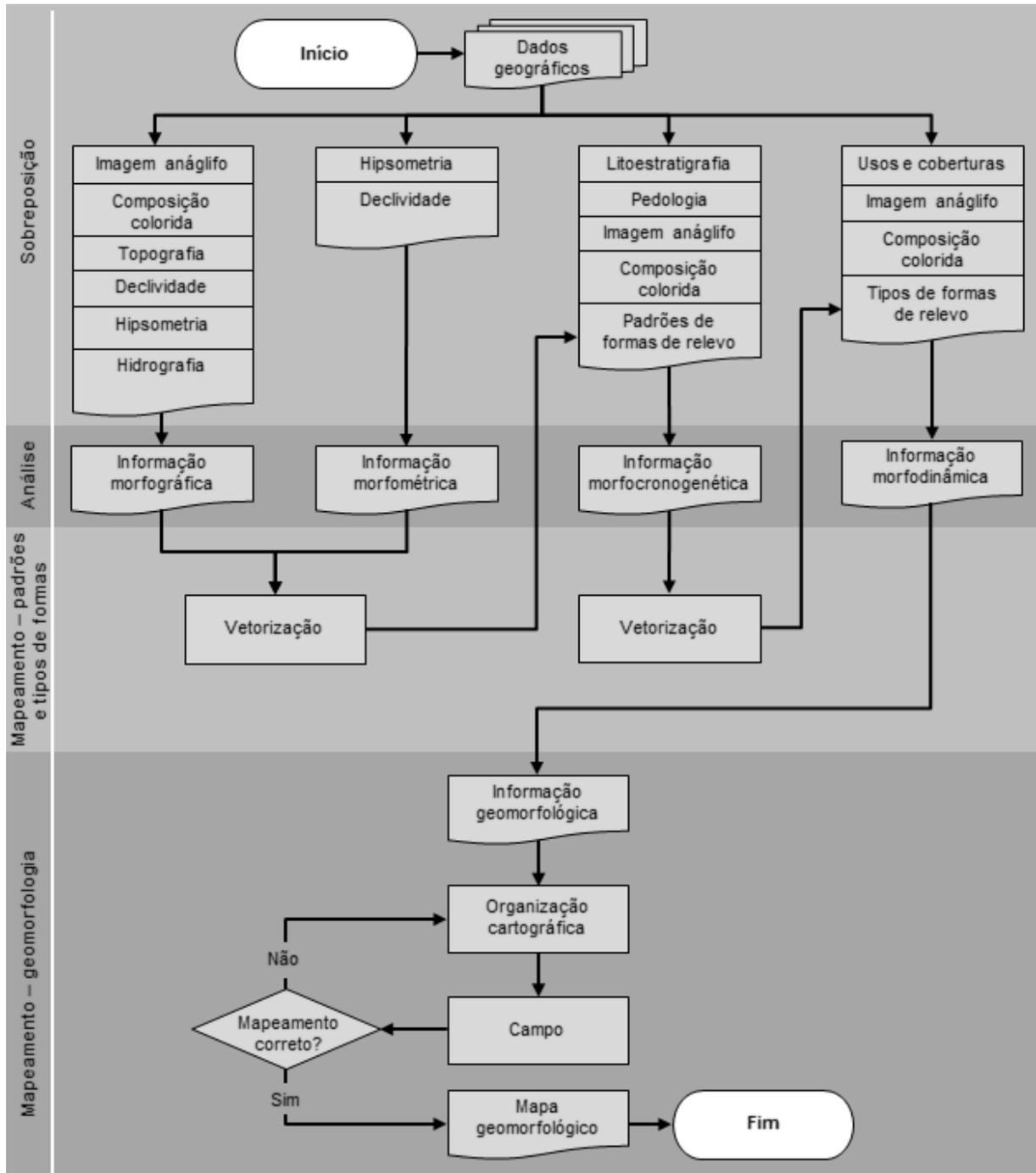


Figura 14 - Fluxograma de procedimentos operacionais da etapa de análise e mapeamento geomorfológico.

Fonte: AUTOR, 2016.

Desse modo, entende-se constituído um mapa geomorfológico – em 1:150.000 – na qualidade de documento síntese das informações levantadas e analisadas.

### **3 Resultados e discussões**

#### **3.1 Caracterização geológica da PCRS**

A área de estudo, brevemente caracterizada no subcapítulo 1.1, está inserida no contexto da morfoescultura de terras baixas da PCRS – Província Costeira. Essa morfoescultura corresponde à fisiografia da parte superficial da Bacia de Pelotas (BARBOZA et al., 2008). O embasamento da Bacia de Pelotas refere-se, na parte central e sul da PCRS, a rochas granítico-gnáissicas pré-cambrianas e, na parte norte, a sequências sedimentares e vulcânicas paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná (DIAS et al., 1994; TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Na borda oeste da área de estudo, esse embasamento (estrutura) é aflorante e conforma a morfoescultura de terras altas do ESRG, na Província Mantiqueira (WILDNER; LOPES, 2010).

A Bacia de Pelotas possui área de aproximadamente 210.000km<sup>2</sup> e está localizada no extremo sul da Margem Continental Brasileira e nordeste da Margem Continental Uruguaia (BARBOZA et al., 2011). Essa Bacia limita-se em sua porção norte, com a Bacia de Santos, no Alto de Florianópolis (DIAS et al., 1994), ao passo que no sul, com a Bacia de Punta Del Este, no Alto de Polônio, no Uruguai (URIEN; MARTINS, 1978 apud BARBOZA et al., 2011) (Figura 15).

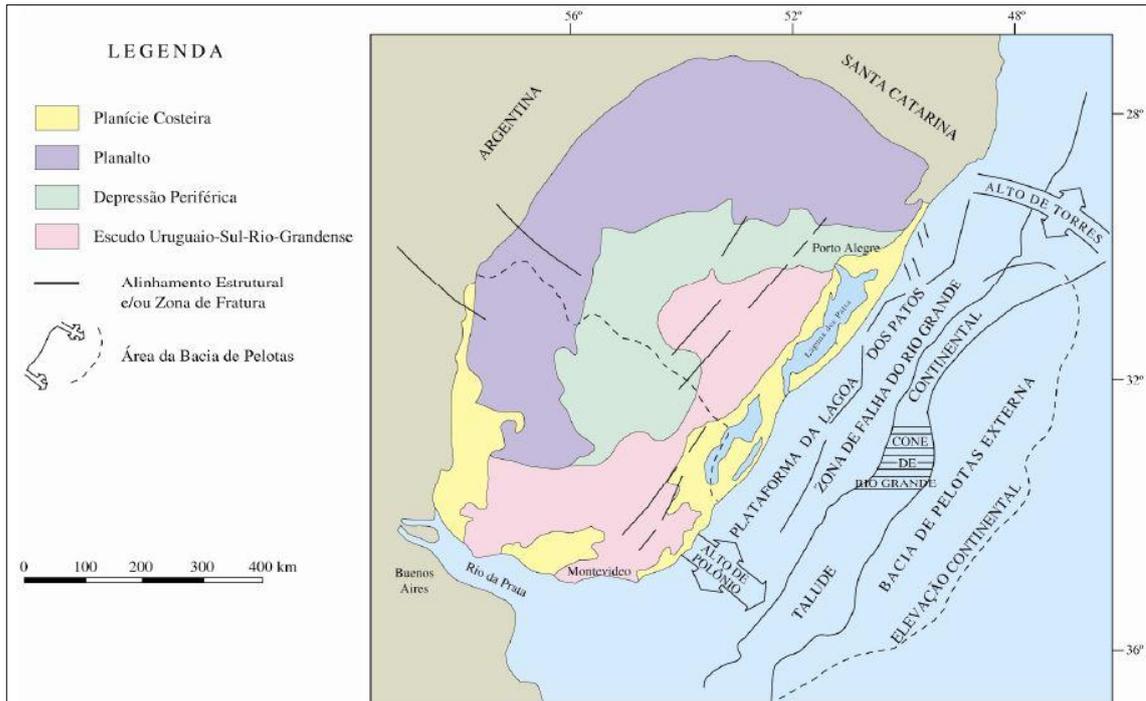


Figura 15 - Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas e área continental adjacente. Fonte: BARBOZA et al., 2008.

No âmbito da Bacia de Pelotas, a PCRS, segundo Tomazelli & Villwock (2000), caracteriza-se por abranger cerca de 33.000km<sup>2</sup>, possuir largura maior que 100km em alguns setores, distância de aproximadamente 620km e apresentar baixas cotas altimétricas. Além disso, para os mesmos autores, sua linha de costa apresenta orientação NE-SW, com limite, ao norte, no município de Torres, e, ao sul, na foz do Arroio Chuí (Figura 16).

Os depósitos de materiais acrescidos à PCRS decorrem da ação de fatores denudacionais atrelados à estrutura do ESRG (rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambriana), na porção centro-sul, e à do Planalto da Serra Geral (rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, de idade paleo/ mesozoica), mais ao norte.

Conforme Tomazelli & Villwock (2000), existem vários estudos que apontam a ocorrência de um amplo sistema de leques aluviais que se encontram somados ao acréscimo lateral de quatro sistemas de deposição do tipo “Laguna-Barreira”, importantes para a formação da PCRS no contexto da Bacia de Pelotas. É provável que tais barreiras tenham sido formadas na ocorrência de grandes ciclos glacio-eustáticos do Quaternário, quando foi possível a existência de eventos de máxima transgressão e regressão marinha, assim como a formação de importantes corpos

lagunares característicos da paisagem desta região costeira: Lagoa dos Patos, Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

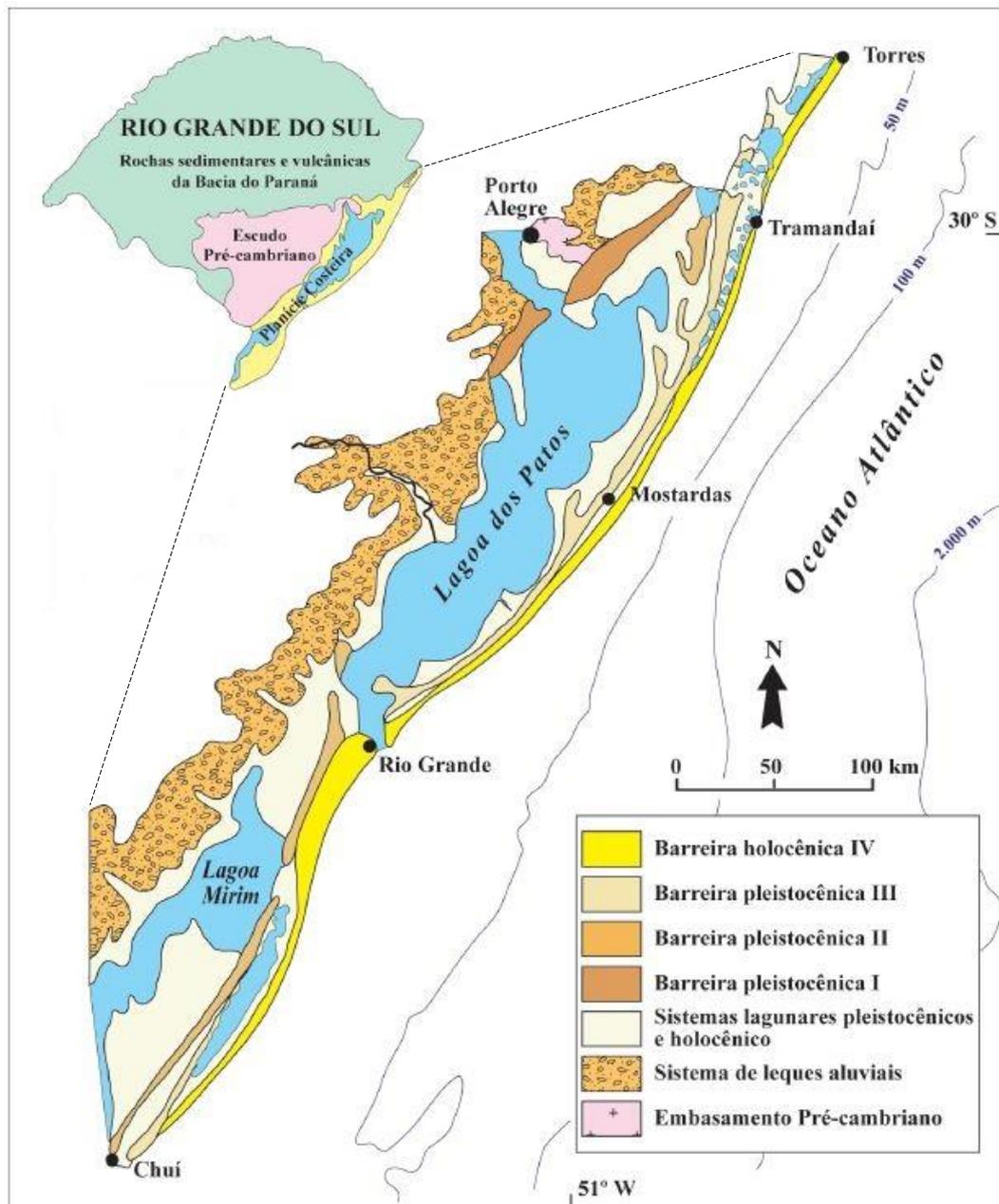


Figura 16 - Mapa de localização e geológico simplificado da PCRS.  
Fonte: modificado de TOMAZELLI et alii, 2007.

Quanto à evolução geológico-geomorfológica da PCRS correlacionada à Bacia de Pelotas, Tomazelli & Villwock (2000, p.378) explicam que:

Desenvolvida sobre um embasamento constituído pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas sequências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas, da Bacia do Paraná, esta bacia sedimentar [Bacia de Pelotas] teve sua origem nos eventos geotectônicos que, a partir do Cretáceo inferior, fragmentando o continente Gonduana, conduziram à abertura do Atlântico Sul. Durante o Cretáceo e, principalmente, durante o Cenozóico, os sedimentos erodidos das terras altas adjacentes [ESRG] acumularam-se nesta bacia marginal, em sistemas deposicionais continentais, transicionais e marinhos.

Desse modo, a dinâmica que concerne as características de formação da PCRS envolve, na aceção de Tomazelli & Villwock (2000), dois tipos de sistemas deposicionais siliciclásticos:

- Sistema de Leques Aluviais; e
- Sistemas Laguna-Barreira.

### 3.1.1 Sistema de leques aluviais

O Sistema de Leques Aluviais caracteriza-se pela agradação de sedimentos por meio de processos exógenos à borda de terras altas, do ESRG, adjacentes à PCRS (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Na parte mais proximal dessas terras, há a predominância de sedimentos de granulometria grosseira decorrentes de processo de transporte gravitacional, que, segundo Tomazelli & Villwock (2000), gradua quanto mais próximos à porção distal dos leques, sendo aí, então, transportados e depositados em meio aquoso (Figura 17).

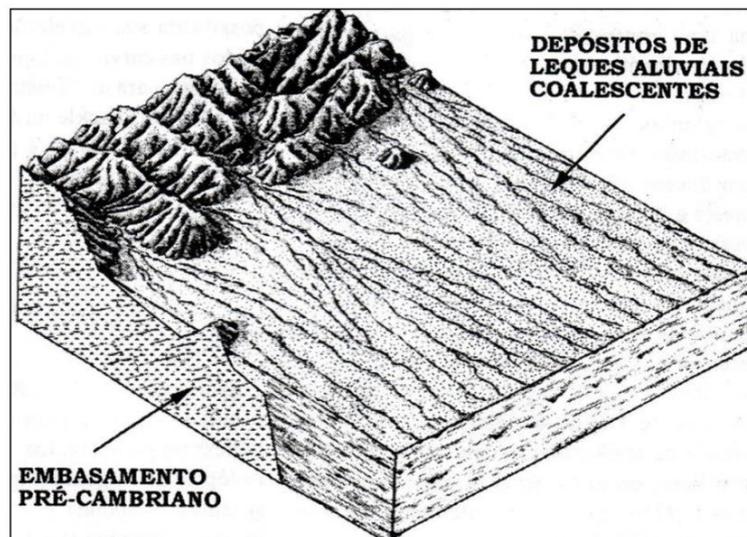


Figura 17 - Leques alimentados pelo ESRG.  
Fonte: TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.385.

Apesar da consideração da existência dessas fácies sedimentares, entende-se que percebê-las na paisagem atual da PCRS consiste em tarefa difícil, uma vez que datam do final do Período Terciário<sup>3</sup>. Sendo assim, faz-se perceptível, em detrimento

<sup>3</sup> Conforme MINEROPAR (2014), esta denominação encontra-se em desuso, sendo anteriormente utilizada na designação do período mais antigo da Era Cenozoica, com início a 65Ma. Atualmente, este termo corresponde a dois períodos chamados Paleogeno (65Ma), que inclui as Épocas denominadas

da fisionomia que caracteriza um modelo ideal de leques aluviais, a intensidade dos processos intempéricos e de erosão condicionados, principalmente, por variações climáticas. Segundo Tomazelli & Villwock (2000, p.383), “Há fortes evidências de que as flutuações entre climas áridos e úmidos que ocorreram no Terciário Superior e Quaternário tiveram grande influência no desenvolvimento deste sistema deposicional”.

Aspectos como textura e estrutura dos depósitos que constituem o Sistema de Leques Aluviais dependem da natureza das rochas que compõem as áreas-fonte, bem como das características mineralógicas e da capacidade de energia do relevo (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Os leques alimentados pelo ESRG correspondem à porção sul da PCRS, com começo nas proximidades da parte sul da latitude do município de Porto Alegre. Constituem-se a partir da deposição de sedimentos provenientes de rochas ígneas e metamórficas do ESRG, na parte oeste adjacente à Planície.

Em função das áreas-fonte serem, predominantemente, graníticas e do transporte de sedimentos ser de curta duração e distância, os leques apresentam imaturidade textural e mineralógica (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Conforme Tomazelli & Villwock (2007, p. 26):

Petrograficamente as fácies [de leques aluviais alimentados pelo Escudo Pré-Cambriano] incluem diamictitos, conglomerados, arenitos e lamitos e se caracterizam por serem friáveis e apresentar um elevado conteúdo em feldspato, o que lhes confere uma natureza arcoseana.

Na parte proximal dessas fácies, predominam elúvios e colúvios, decorrentes da alteração sofrida pelas rochas graníticas.

Estas fácies proximais podem apresentar unidades de diamictitos em que o arcabouço, constituído por grânulos de quartzo e feldspato, encontra-se sustentado por uma matriz lamítica maciça, sugerindo uma gênese a partir de processos do tipo fluxo de detritos (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.383).

A parte média e distal das fácies costuma apresentar estratificação evidente, refletindo, também conforme Tomazelli & Villwock (2000, p.383), “[...] deposição a partir de fluxos torrenciais canalizados e não-canalizados”.

A presença comum de corpos de arenitos e conglomerados com geometria lenticular apresentando internamente cruzadas de médio porte do tipo planar/tabular e acanalada reflete a migração de formas de leito [...] associadas, provavelmente, a canais fluviais do tipo entrelaçado (“braided”) desenvolvidos

nas partes médias e distais dos sistemas de leques (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.383).

Durante a época do Mioceno superior, a evolução desse sistema de leques dava-se por meio da interdigitação das fácies com o mar – atuavam como se fossem deltas. No período Quaternário, com a colmatção iniciada no complexo Patos-Mirim, essas fácies passaram a estar submetidas ao regime hidrodinâmico lagunar. A partir de Tomazelli & Villwock (2000), tem-se que como resultado deste processo de retrabalhamento houve o desenvolvimento de terraços escalonados ao longo do aclave dos leques, além destes terraços também servirem de parâmetro evidente à análise das variações de nível das lagunas em função da oscilação do nível relativo do mar no Quaternário.

### 3.1.2 Sistemas laguna-barreira

Os sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira” desenvolveram-se lateralmente a leste, sem contiguidade às terras altas. “Cada um destes sistemas registra o pico de uma transgressão, seguida de um evento regressivo” (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.386) (Figura 18).

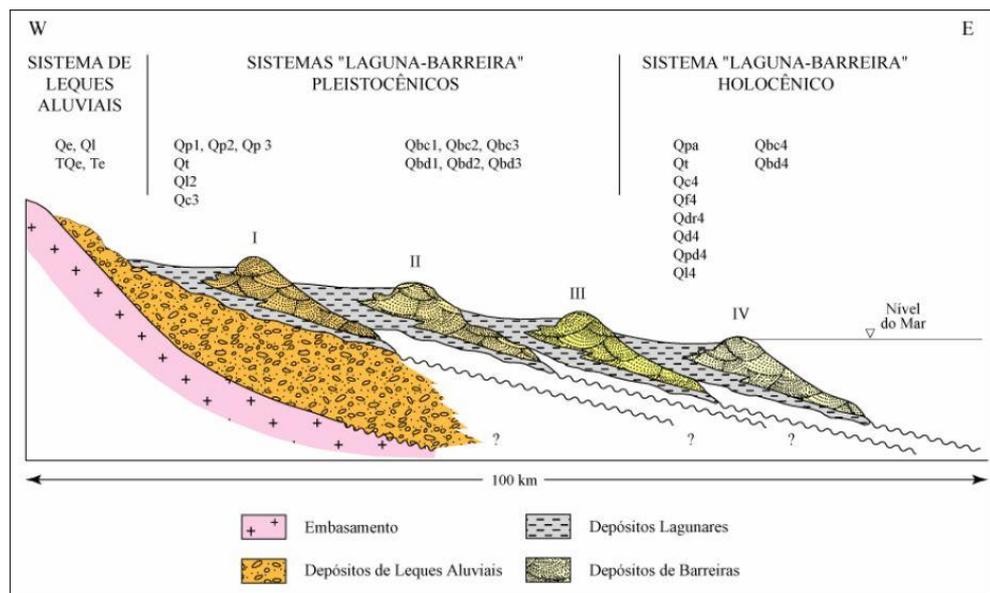


Figura 18 - Sistemas deposicionais da PCRS e fácies sedimentares associadas.

Fonte: TOMAZELLI & VILLWOCK, 2005, p.111.

Os sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira” são, de acordo com Tomazelli & Villwock (2000):

- Sistema Laguna-Barreira I;
- Sistema Laguna-Barreira II;
- Sistema Laguna-Barreira III; e
- Sistema Laguna-Barreira IV.

O **Sistema Laguna-Barreira I** caracteriza-se por ser o sistema deposicional mais antigo. É resultado do primeiro evento transgressivo-regressivo do período Quaternário. Conforme Tomazelli & Villwock (2000), este sistema pode corresponder ao estágio isotópico 11 da curva isotópica de oxigênio, sendo possível que sua idade seja de aproximadamente 400ka. Seu melhor registro encontra-se na parte NW da PCRS.

As fácies sedimentares da Barreira I correspondem a areias quartzo-feldspáticas avermelhadas, de granulação fina a média, muito bem arredondadas, semiconsolidadas e que, normalmente, apresentam um elevado conteúdo em matriz siltico-argilosa de origem diagenética. Crostas e nódulos ferruginosos encontram-se disseminados nos sedimentos. Os intensos processos pós-deposicionais que afetaram esta unidade foram responsáveis pela destruição quase que total de suas estruturas sedimentares primárias (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.388).

A região de abrangência do Sistema Lagunar I toma parte das bacias do Rio Gravataí, e do complexo do Guaíba; e a estrutura sedimentar deste sistema revela a influência dos eventos glácio-eustáticos, os quais envolveram diferentes tipos de depósitos: aluviais, lacustres, paludiais e lagunares (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

O **Sistema Laguna-Barreira II** decorreu do segundo evento transgressivo-regressivo no Pleistoceno. Seu pico, em Tomazelli & Villwock (2000), pode ser associado ao estágio isotópico de oxigênio 9, o que lhe admitiria uma idade de cerca de 325ka.

Este sistema corresponde ao primeiro estágio na evolução da “Barreira Múltipla Complexa” descrita por Villwock (1977, 1984), cuja individualização foi responsável pelo isolamento de um gigantesco corpo lagunar representado, hoje em dia, pela Lagoa dos Patos e pela Lagoa Mirim e que esse autor denominou de “Sistema Lagunar Patos-Mirim” (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.389).

Ao norte da PCRS, a Barreira II teve preservada sua parte arenosa ao leste da Lagoa dos Barros, formando um verdadeiro pontal arenoso; enquanto que ao sul possibilitou o isolamento da Lagoa Mirim. Quanto à litologia, a Barreira II é composta por “areias quartzo-feldspáticas, castanho-amareladas, bem arredondadas, envoltas por matriz argilosa de natureza diagenética” (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.389).

O **Sistema Laguna-Barreira III**, na sequência dos eventos glácio-eustáticos, corresponde a um terceiro evento transgressivo-regressivo também do Pleistoceno. Este sistema encontra-se preservado e foi responsável pelo estabelecimento do Sistema Lagunar Patos-Mirim, sendo, portanto, bastante importante para a formação destes corpos lagunares e para a evolução geológica da PCRS (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Aos depósitos deste sistema atribui-se uma idade de aproximadamente 120ka (MARTINS et al., 1982 apud TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

O Sistema Lagunar III envolveu um complexo de ambientes deposicionais instalados na região de retrobarreira. Os depósitos ali acumulados são representados principalmente por areias finas, siltico-argilosas, pobremente selecionadas, de coloração creme, com laminação plano-paralela e, frequentemente, incluindo concreções carbonáticas e ferruginosas (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.392).

O **Sistema Laguna-Barreira IV** toma forma no último evento transgressivo-regressivo do Holoceno. Desse modo, caracteriza-se por ser o sistema lagunar mais recente e associado ao estágio isotópico de oxigênio 1 (5ka) (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Deste sistema decorre a formação das muitas lagoas características da PCRS como a Lagoa Mangueira, Lagoa do Peixe e o conjunto de pequenas lagoas ocorrentes na parte norte da PCRS. Sendo assim, esse sistema acaba constituindo ambientes deposicionais diversos como “corpos aquosos costeiros (lagos e lagoas), sistemas aluviais (rios meandrantos e canais interlagunares), sistemas deltaicos (deltas flúvio-lagunares e deltas de “maré lagunar”) e sistemas paludiais (pântanos, alagadiços e turfeiras.)” (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.393).

A inter-relação entre tais ambientes proporcionou a existência de processos gradativos de transformação na sequência “laguna-lago-pântano costeiro”. Segundo Tomazelli & Villwock (2000), essa transformação é controlada por alguns mecanismos:

(1) as variações do nível de base regional, incluindo o lençol freático, que acompanharam as flutuações holocênicas do NRM [Nível Relativo do Mar]; (2) o progressivo avanço da vegetação marginal dos corpos aquosos; (3) o aporte de sedimentos clásticos trazidos pelos cursos fluviais e (4) a migração das dunas eólicas livres que avançam pelo flanco leste destes ambientes (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.393).

É importante ressaltar que, segundo os mesmos autores, além de exercerem o controle da velocidade em que se dão essas evoluções, estes mecanismos controlam

aspectos como a textura e composição das fácies que se acumulam nos referidos ambientes.

## **3.2 Caracterização de condicionantes do relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas**

### **3.2.1 Geologia**

Com base em estudos elaborados pelo Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), do Instituto de Geociências da UFRGS, – citam-se alguns, como: TOMAZELLI & VILLWOCK (2000), Tomazelli & Villwock (2005) e Barboza et al. (2009) – e em mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul organizado pela CPRM (2008), a evolução litoestratigráfica da área de estudo compreende duas Épocas do Período Quaternário, a saber: Holoceno (10ka até o presente) e Pleistoceno (1,8 a 0,01Ma).

Na estratigrafia apresentada pela CPRM no referido mapa, o Período Neógeno contempla as Épocas do Holoceno e do Pleistoceno. De acordo com Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008), o Neógeno pode ser entendido como Terciário superior, que abrange a Época do Mioceno e do Plioceno. No seu último Quadro Cronoestratigráfico Internacional, do ano de 2016, a Comissão Internacional de Estratigrafia (*International Commission on Stratigraphy – ICS*) apresenta o Holoceno e o Pleistoceno dentro do Quaternário, sendo o Holoceno datado de 11,7ka até o presente e o Pleistoceno de 2,58 a 0,0117Ma. Neste Quadro, o Quaternário é situado no tempo como posterior ao Neógeno (23,03 a 2,58Ma). Assim, opta-se pelo uso das informações litoestratigráficas da CPRM (2008) fazendo-se a atualização das idades geológicas e a alteração/ correção de Neógeno para Quaternário em conformidade ao ICS (2016).

Na perspectiva dos sistemas deposicionais identificados e nomeados como laguna-barreira em pesquisas do CECO/ UFRGS, a área de estudo é constituída por três dos quatro sistemas pesquisados: Sistema laguna-barreira IV (Holoceno – 5ka); Sistema laguna-barreira III (Pleistoceno – 120ka); e Sistema laguna-barreira II (Pleistoceno – 325ka). Em acordo com a CPRM (2008), também se identificam

depósitos alúvio-coluviais como de idade mais recente que os referidos sistemas. A figura 19 expõe um recorte do mapa organizado pela CPRM (2008), bem como de poços cadastrados no SIAGAS (CPRM, 2016).

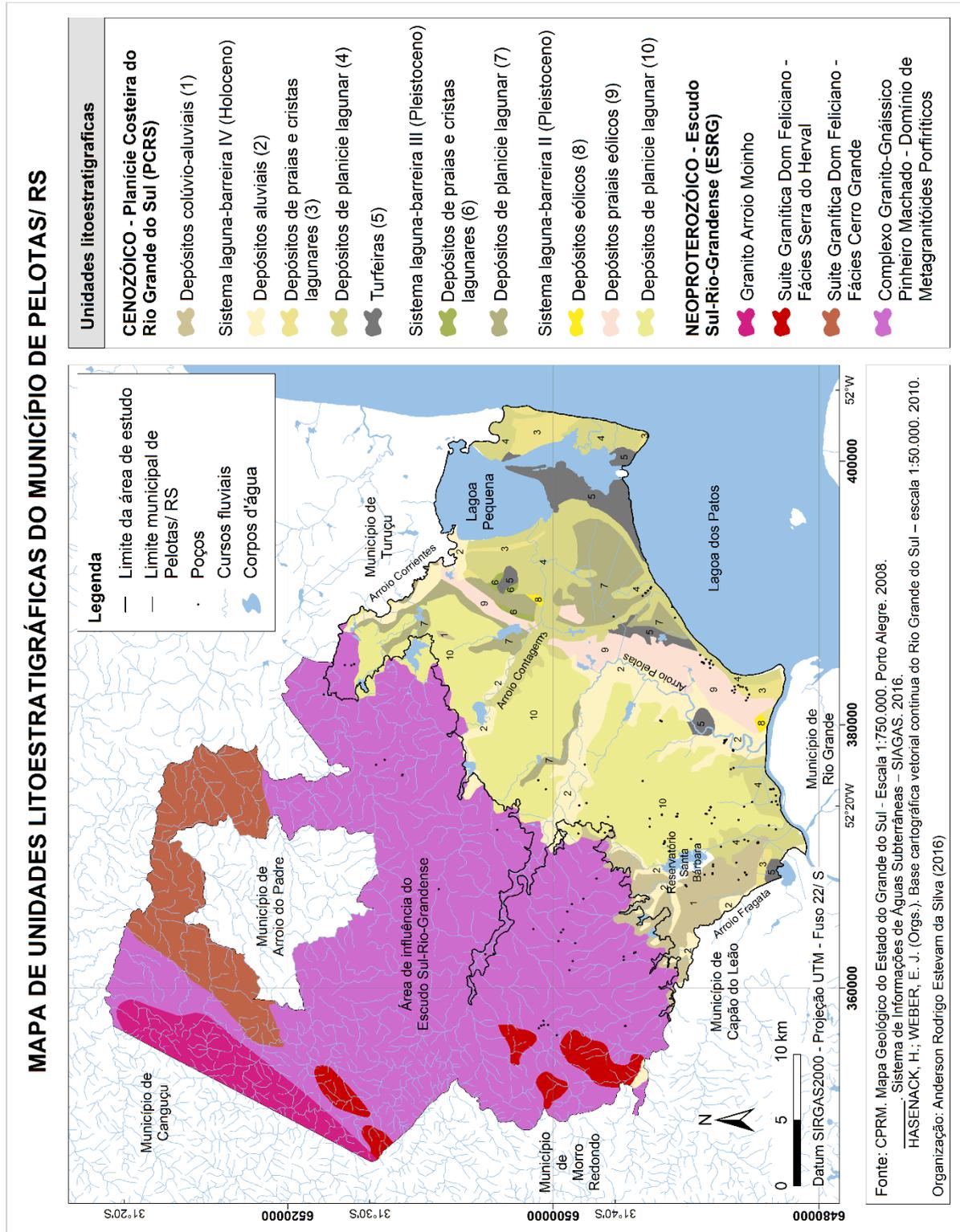


Figura 19 - Mapa de unidades litoestratigráficas do município de Pelotas/ RS.  
 Fonte: CPRM, 2008, 2016; HASSENACK; WEBER, 2010.  
 Organização: AUTOR, 2016.

O quadro 3 apresenta informações da CPRM (2008) sobre cada uma das litoestratigrafias identificadas no contexto da área de estudo e suas respectivas idades aproximadas em acordo ao ICS (2016) e a Tomazelli & Villwock (2000).

Quadro 3 - Cronoestratigrafia de Litótipos/ Ambientes de sedimentação da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas.

Cronologia			Litótipos/ Ambientes de sedimentação
Era	Período	Época	
Cenozoico	Quaternário	presente	<p><b>Depósitos colúvio-aluviais (1)</b> – conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e lamitos maciços, ou com laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada.</p> <p><b>Depósitos relacionados a barreiras-holocênicas IV</b></p> <p><b>Depósitos aluviais (2)</b> – areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rio e planícies de inundação; <b>Depósitos de praias e cristas lagunares (3)</b> – areia quartzosa fina a muito fina, bem selecionada, morfologia de cristas subparalelas às margens lagunares; <b>Depósitos de planície lagunar (4)</b> – areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente; <b>Turfeiras (5)</b> – turfa heterogênea intercalada ou misturada com areia, silte e argila, localmente com diatomito.</p>
		5ka	
	Pleistoceno	11,7ka	<p><b>Depósito de barreira pleistocênica III</b></p> <p><b>Depósitos de praia e cristas lagunares (6)</b> – areia quartzosa fina a muito fina, bem selecionada, morfologia de cristas subparalelas às margens lagunares; <b>Depósitos de planície lagunar (7)</b> – areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções carbonáticas e ferromanganesíferas.</p> <p><b>Depósito de barreira pleistocênica II</b></p> <p><b>Depósitos eólicos (8)</b> – areia quartzosa fina a média, bem arredondada e selecionada, rara laminação plano-paralela ou estratificação cruzada; <b>Depósitos praias eólicos (9)</b> – areia quartzosa fina, bem selecionada, laminação plano-paralela e cruzada, areia média a fina, bem arredondada e selecionada, rara laminação plano-paralela ou estratificação cruzada; <b>Depósitos de planície lagunar (10)</b> – areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções.</p>
		120ka	
		325ka	
		630Ma	
Neoproterozoico	Criogeniano		<p>PROVÍNCIA MANTIQUEIRA</p> <p><b>Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado – Domínio de Metagranitoides Porfiríticos</b> – gnaiss granítico a granodiorítico, foliação marcante e deformação de alta temperatura, presença frequente de septos de paragneisse.</p>

Fonte: Adaptado de CPRM, 2008; ICS, 2016; TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000.

Organização: AUTOR, 2017.

Da análise do mapa litoestratigráfico (Figura 19) e sua respectiva cronologia (Quadro 3), a influência da PCRS na área de estudo pode ser entendida como uma

área receptora de sedimentos provenientes da denudação do ESRG e das transgressões-regressões marinhas que organizaram os sistemas deposicionais enunciados e o sistema lagunar da Lagoa dos Patos. O ESRG, formado por rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas (CPRM, 2008), devido ao alívio de pressão experimentado por sua estrutura após a diminuição da atividade orogenética e a intensificação dos processos exógenos, apresenta falhas e afloramentos rochosos (MENEGAT et al., 1998). Essas falhas e afloramentos acabam por abrigar nascentes e definir o entalhamento do canal de cursos fluviais (DUTRA, 2016) que drenam o pacote sedimentar da PCRS formando colúvios (principalmente na interface ESRG-PCRS) e alúvios (ao longo de planícies fluviais na PCRS). Além disso, observa-se que há uma faixa deposicional de orientação predominante SO-NE. No geral, a localização dos sedimentos é tão mais próxima ao ESRG quanto mais antiga for a data da deposição e vice-versa.

Tomando-se como base o perfil litoestratigráfico de alguns dos poços cadastrados no SIAGAS, constata-se que o pacote sedimentar da PCRS na área de estudo está assentado sobre o Complexo granito-gnáissico Pinheiro Machado. A litologia analisada a partir das perfurações indica que quanto mais próximo à área de influência do ESRG, menor tende a ser a profundidade do perfil sedimentar (até o contato lítico) e vice-versa. Fora da transição aparente da PCRS com o ESRG a litoestratigrafia da área de estudo é caracterizada basicamente por um perfil com alternância entre areias e argilas (Figura 20).



Figura 20 - Material arenoso correspondente ao sistema laguna-barreira IV (Holoceno), identificado na transição entre depósitos praias eólicos e depósitos de planície lagunar.

Lat. 31°39'5.40"S e Long. 52°11'54.29"O

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Onde há influência da estrutura do ESRG, evidenciam-se cascalhos em cursos fluviais (Figura 21) e mais argila do que areia em patamares relativamente mais altos que as planícies alúvio-lagunares.



Figura 21 - Material aluvial do médio curso do Arroio Pelotas, sob influência do ESRG.

Lat. 31°35'32.27"S e Long. 52°24'41.58"O

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Na faixa transicional, também se observa em profundidades em torno de 20 e 30m depósitos de areia fina, os quais configuram possíveis indícios das primeiras deposições arenosas na borda do ESRG, hoje mascaradas pela alteração intempérica dos materiais.

### 3.2.2 Clima

Situada entre os paralelos 31° e 32° de latitude sul e próxima ao Oceano Atlântico, a área de estudo apresenta como fator estático sua localização em uma Zona Subtropical Sul, na qual prevalece “um controle básico de massas de ar marítimas, de origem tropical e polar” (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p. 379). Quanto aos fatores dinâmicos, a área de estudo caracteriza-se pela influência dos centros de ação Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (Anticiclone Santa Helena) e Anticiclone Móvel Polar (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Segundo Tomazelli & Villwock (2000), o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul posiciona-se de modo semifixo entre as latitudes 18° e 35°, e define-se como um ativo centro de alta pressão, que constitui uma massa de ar tropical marítima de temperatura elevada. Suas características conferem condições de estabilidade e ocorrência de dias ensolarados. Conforme esses autores, o Anticiclone Móvel Polar, posicionado ao sul da Argentina, tem sua manutenção elaborada por massas frias vindas da Antártica, com deslocamento no sentido SO-NE. Isto ocasiona o surgimento de uma descontinuidade frontal entre os dois centros de ação de alta pressão, que, uma vez convergidos, constituem condições de instabilidade e precipitação pluviométrica do tipo frontal (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

O comportamento dinâmico desses centros de ação caracteriza-se, quando no período primavera-verão – setembro-março –, pela movimentação do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul a latitudes mais meridionais, seguida pela retração do Anticiclone Móvel Polar, enfraquecido em função da maior incidência de radiação solar. Disto decorre um tempo caracterizado por ser quente e ventoso, com a predominância de ventos de NE e E, resultantes da borda do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul. Em contrapartida, em função da menor insolação no outono-inverno – março-setembro –, o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul é enfraquecido e deslocado para norte, enquanto que o Anticiclone Móvel Polar é reforçado e passa a atuar com maior intensidade, o que incorre em um clima formado por frentes frias de deslocamento SO-NE (HASENACK & FERRARO, 1989; NIMER, 1977 apud TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Com base na classificação de Köppen, o clima da área de estudo está definido por um tipo climático temperado (C), de precipitação equitativamente distribuída ao

longo do ano (f) e verões amenos (a), o que o caracteriza como subtropical úmido (Cfa), conforme atestam os dados da Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPeI/INMET. O tipo Cfa apresenta temperatura superior a 22°C para o mês mais quente e superior a 3°C para o mês mais frio (Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul – SEMA-RS/UFSM, 2001).

Utilizando-se dos dados da Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPeI/INMET para a organização de Normais Climatológicas referentes ao período de 1971 a 2000, observa-se o predomínio, no âmbito da área de estudo, de uma alta taxa de umidade relativa (80,7%) e de uma média de precipitação anual que varia entre 823mm (ano de 1989) e 1.893mm (ano de 1977), com uma média total de precipitação anual de 1.366mm (Gráficos 1 e 2). A temperatura média anual é de 17,8°C, com oscilação entre a média mensal de 12,3°C (julho) e 23,2°C (janeiro). A temperatura média das mínimas mensais varia entre 19,1°C (janeiro) e 8,6°C (junho e julho), ao passo que a temperatura média das máximas mensais, entre 28,2°C (janeiro) e 17,5°C (julho), o que evidencia a expressiva amplitude térmica anual de 19,6°C (Gráfico 3).

Gráfico 1 - Normais climatológicas anuais de precipitação e temperatura da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPeI/INMET).

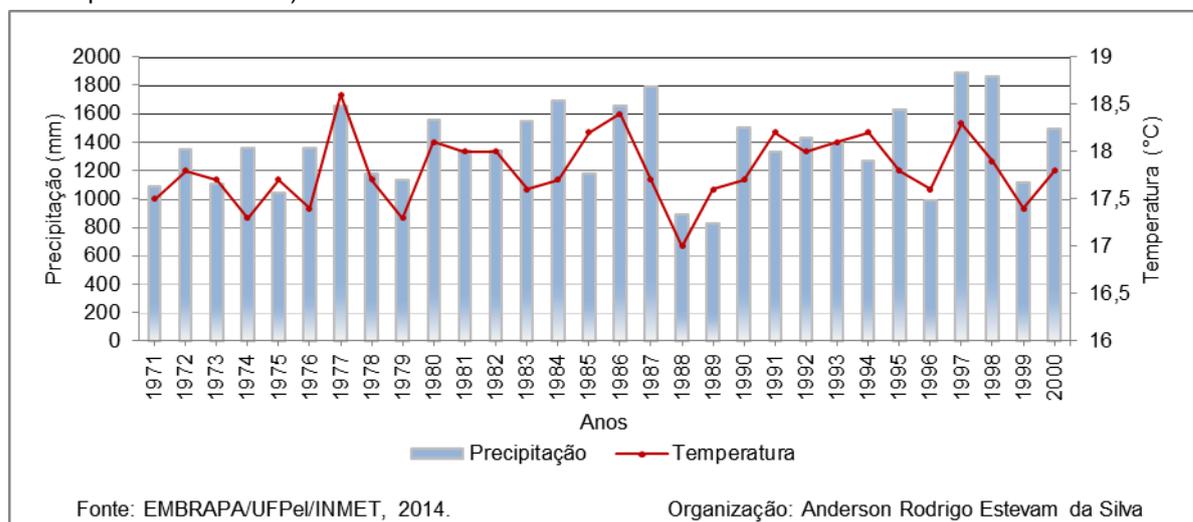
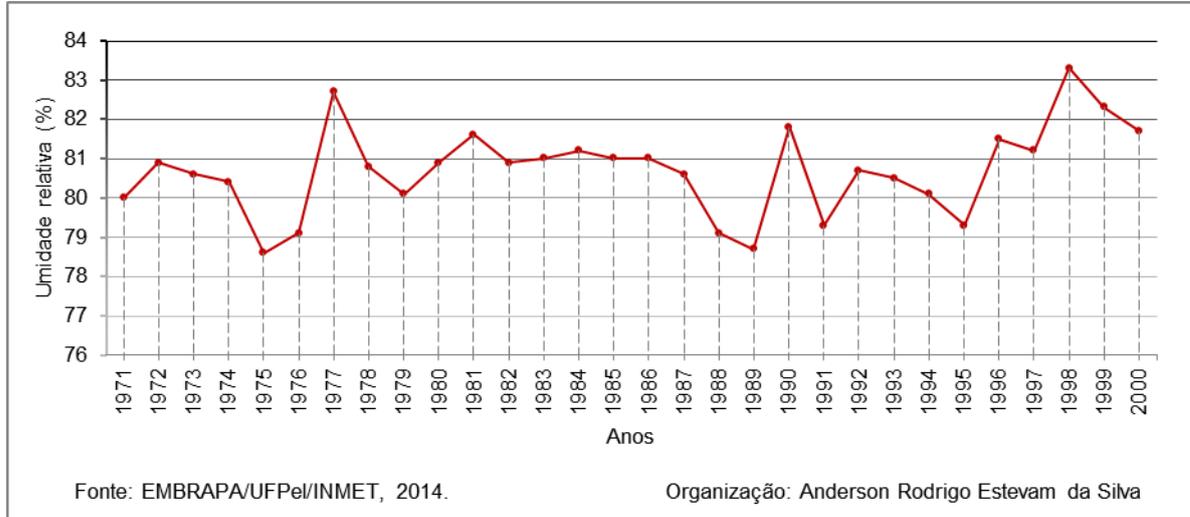


Gráfico 2 - Normais climatológicas anuais de umidade relativa da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS – Embrapa/UFPel/INMET).



O gráfico 3 ilustra a regular distribuição das chuvas ao longo do ano, com distinção entre os meses mais chuvosos, fevereiro (153,3mm) e julho (146mm), e os menos chuvosos, março (97,4mm) e novembro (99,5mm); apesar de caracterizada em dois períodos diferenciados quanto ao índice de precipitação, a área de estudo apresenta uma média mensal em torno de 113,9mm. Disto se percebe a importante influência dos corpos d'água – mediante a evaporação –, atrelada à sazonalidade das massas de ar, na manutenção do alto nível de umidade – em média 80,7%, com extremos de 84,9% em julho e 75,5% em dezembro – e do regime médio mensal de chuvas equilibrado, assim como em uma média de temperatura por volta de 18°C (Gráfico 3 e 4).

Gráfico 3 - Normais climatológicas mensais de precipitação e temperatura da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - Embrapa/UFPel/INMET).

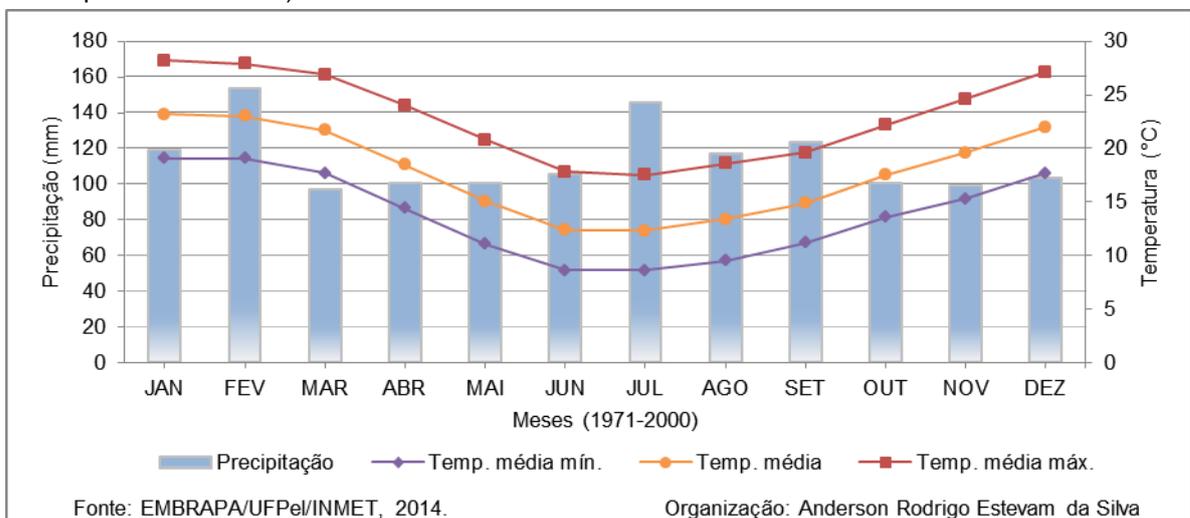
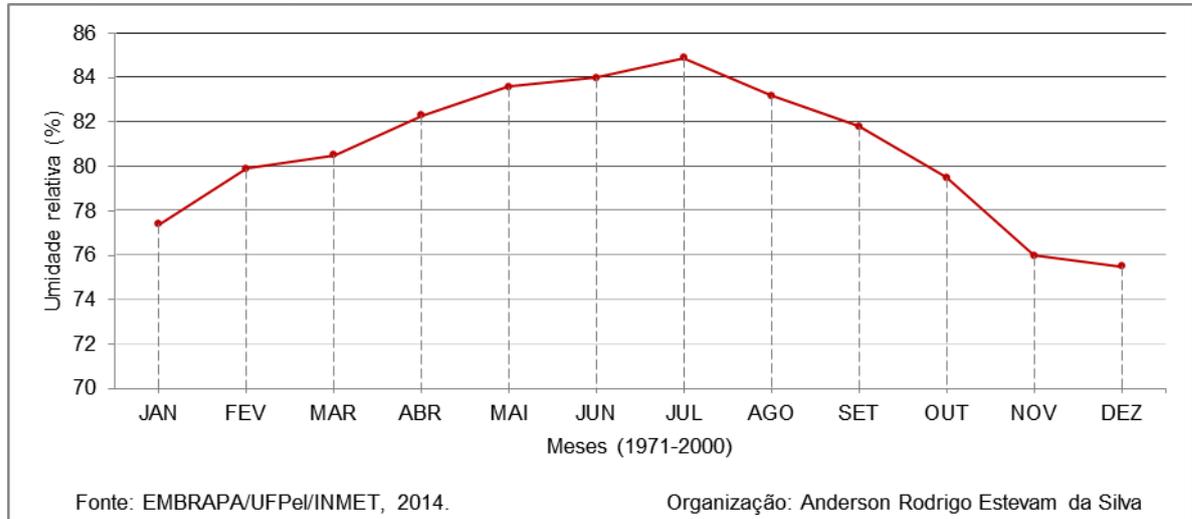


Gráfico 4 - Normais climatológicas mensais de umidade relativa da área centro-nordeste de Pelotas/RS, 1971 a 2000 (Estação Agroclimatológica de Capão do Leão/RS - Embrapa/UFPel/INMET).



Destaca-se que pela posição geográfica da Estação Agroclimatológica de Capão do Leão – no município de Capão do Leão –, os dados climáticos desta levantados são convenientes como referência à compreensão do clima da área de estudo, haja vista a escala de ocorrência dos eventos climatológicos registrados dar-se num contexto que extrapola, inclusive, o município de Pelotas.

### 3.2.2.1 Eventos extremos do clima

Assim como outros condicionantes de processos naturais de esculturação do relevo terrestre, o clima caracteriza-se por certa regularidade quanto a condições que extrapolem suas normais. No caso do clima, esta regularidade é constatada pelo registro de condições atmosféricas ao longo de algumas décadas, o que possibilita auxílio ao dimensionamento de quadros ambientais/ geomorfológicos futuros. No entanto, quando da ocorrência de eventos extremos do clima, o que acontece é a acentuação de processos naturais, com possibilidade para a alteração rápida de feições do relevo terrestre. As consequências destes eventos podem ser intensificadas em circunstâncias de intervenção antrópica inadequada no meio ambiente.

Sobre esses eventos, no âmbito do município de Pelotas/ RS, o que se observa empiricamente e com base em revisões bibliográficas é a predominância de

recorrentes chuvas torrenciais que desencadeiam enxurradas com repercussão em enchentes e inundações. No tocante à área de estudo, esta sofre mais com as enchentes e inundações do que as áreas de terras altas do ESRG, haja vista sua maior intensidade de intervenções antrópicas e o seu caráter de receptáculo das águas de enxurradas providas com grande energia em seu escoamento de áreas de níveis altimétricos mais elevados (ESRG).

As chuvas torrenciais ocorridas na área de estudo por vezes dependem da alteração da dinâmica dos centros de ação supramencionados (vide subcaítulo 3.2.2), devido à influência de fenômenos atmosféricos de abrangência global e regional, como o El Niño e o La Niña. O que se entende é que episódios de El Niño e La Niña influenciam sobremaneira o aumento e a diminuição das taxas de pluviosidade no extremo sul do Brasil, respectivamente – o El Niño caracteriza o aquecimento das águas do Pacífico, ao passo que o La Niña o resfriamento das águas do mesmo (MARENGO; OLIVEIRA, 1998; OLIVEIRA; SATYAMURTY, 1998).

Nesta pesquisa, enfatizam-se as consequências do aumento das precipitações promovido pelo El Niño em função de que isto seja mais preponderante para a alteração rápida e drástica de processos naturais do que as consequências da diminuição das precipitações propiciada pelo La Niña. A partir do trabalho de Hansmann (2013) e Rutz (2015), em que cada um consiste em uma compilação de eventos de enxurradas e enchentes ocorridos no município de Pelotas/ RS nos séculos XX e XXI, é possível observar a relação existente entre o fenômeno El Niño e altos índices pluviométricos.

De acordo com Hansmann (2013), dos doze eventos analisados por ele na zona urbana pelotense (entre o ano de 1941 e 2009) nove deles (cerca de 75%) foram coincidentes a episódios de El Niño, sendo que houve quatro com intensidade forte, três com intensidade moderada e três com intensidade fraca deste fenômeno. Hansmann (2013) explica que nos eventos de intensidade forte, registrou-se precipitação acumulada de 350,4mm em abril/ maio de 1941; 199,7mm em abril de 1991; 152mm em dezembro de 1997; e 234,8mm em agosto de 1998. Segundo este mesmo autor, o Outono é a estação do ano que apresenta maior frequência de eventos (38%), seguido do Verão com 31%, do Inverno com 23%, e da Primavera com 8%.

Rutz (2015) repertoria dezenove eventos de inundações no município de Pelotas/ RS, entre o ano de 1914 e 2009. Para os anos coincidentes aos estudados

por Hansmann (2013), a autora relatou vários distúrbios econômicos na lavoura e pecuária, desaparecimento de pessoas, morte de pessoas e animais, famílias desabrigadas, interrupção de rodovias entre outros, registrados tanto na área rural como na área urbana. Segundo Rutz (2015), que teve como objeto de estudo em específico o ano de 2009, o jornal Tradição Regional noticiou na época que a média da precipitação prevista para o janeiro de 2009 era de 107mm, mas que chovera em 24h mais de 600mm. As consequências da enxurrada justificaram o decreto de situação de emergência para alguns municípios da região, entre eles o de Pelotas.

### **3.2.3 Hidrografia**

Em conformidade à Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul (SEMA-RS) (2016), a hidrografia da área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo que abrange as províncias geológico-geomorfológicas da PCRS e do ESRG (Figura 22).

No contexto da Bacia Mirim-São Gonçalo, a área de estudo é composta pela sub-bacia Costeira/ Laranjal e parte da sub-bacia dos Arroios Corrientes, Contagem, Pelotas, Fragata/ Moreira e Santa Bárbara (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2007). A sub-bacia Costeira/ Laranjal compreende os cursos fluviais com nascentes na área de estudo e que drenam o Pontal da Barra, bairro do Laranjal e localidade do Barro Duro, cujo exutório é o Canal São Gonçalo e a Lagoa dos Patos. Por sua vez, a sub-bacia dos Arroios Corrientes e Contagem drena a parte centro-norte da área de estudo e possui exutório na Lagoa Pequena, enquanto que a sub-bacia dos Arroios Pelotas, Santa Bárbara e Fragata/ Moreira que drena a parte centro-sul, possui exutório no Canal São Gonçalo.

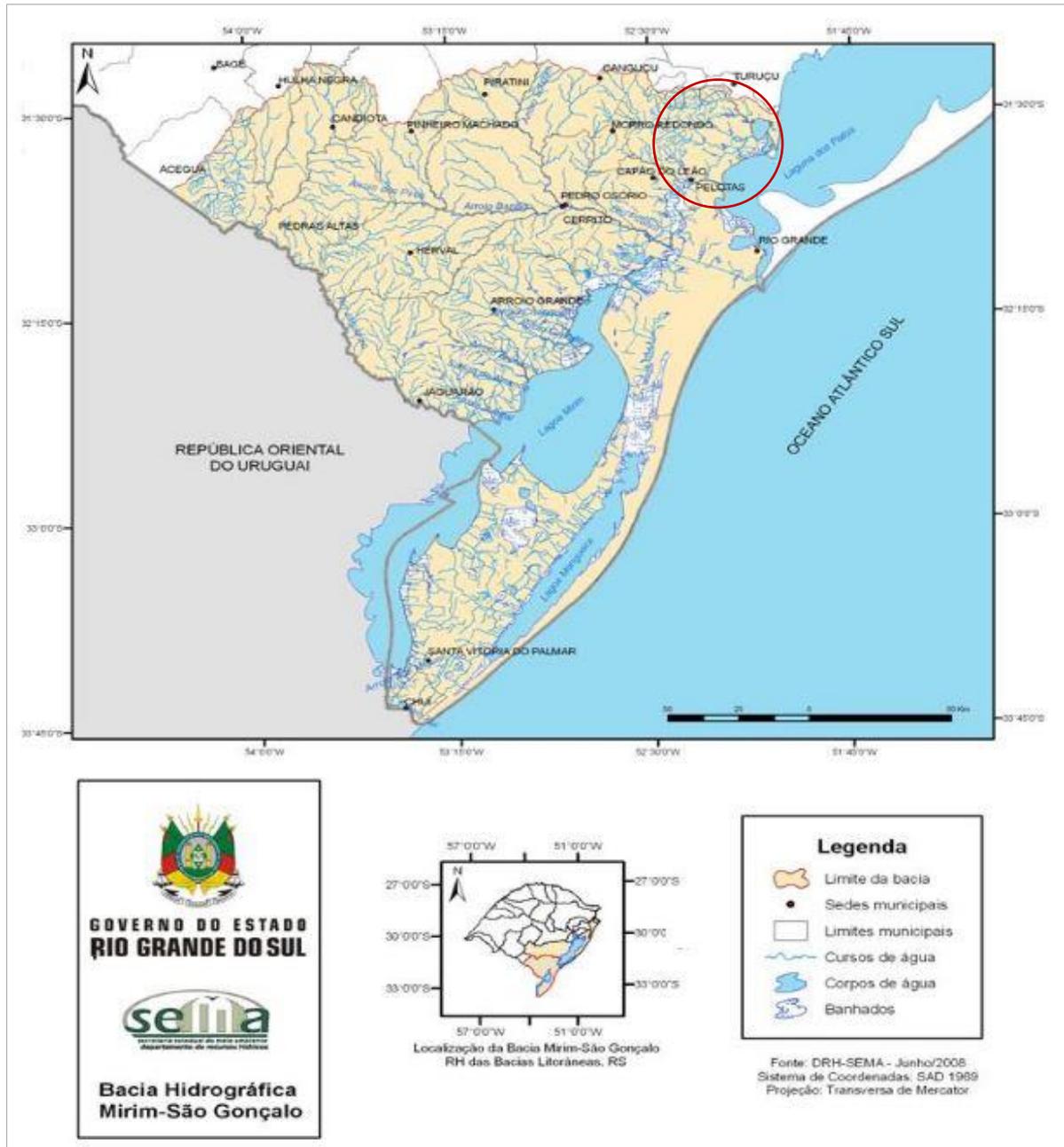


Figura 22 - Localização regional da hidrografia da área de estudo.  
Fonte: SEMA-RS, 2016.

De acordo com o Plano Ambiental de Pelotas, organizado pela Secretaria de Qualidade Ambiental (SQA) em 2013, do ponto de vista da morfometria fluvial, essas sub-bacias hidrográficas, assim como a do Arroio Pepino, são caracterizadas conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Desnível geométrico e comprimento do curso principal de sub-bacias hidrográficas que drenam a área de influência da Planície Costeira de Pelotas/ RS.

Sub-bacia hidrográfica	Desnível geométrico	Comprimento do curso principal
Arroio Fragata/ Moreira	285m	38,474km
Arroio Santa Bárbara	117m	29,438km
Arroio Pepino	14m	5,355km
Arroio Pelotas	436m	90,623km
Costeira/ Laranjal	37m	7,304km

Fonte: SQA, 2013.

Organização: AUTOR, 2017.

Diferentemente que a um curso fluvial, o Canal São Gonçalo constitui uma ligação natural entre a Lagoa Mirim e a Lagoa dos Patos. Caracteriza-se como o “único escoadouro da Lagoa Mirim, drenando, portanto, toda a carga hídrica do Complexo Hidrográfico Mirim (XAVIER, 2010, p.72)”. O mesmo Plano Ambiental de Pelotas explica que a sub-bacia do Canal São Gonçalo

Possui escoamento complexo, que inverte sua corrente periodicamente. Possui uma extensão de 75 km, larguras variáveis em torno de 200m e profundidades oscilando em torno de 6m. Em média a descarga do canal na Lagoa dos Patos é de 700m<sup>3</sup>/s, podendo atingir 3.000m<sup>3</sup>/s durante a ocorrência de inundações. Porém, nas estiagens prolongadas, sua descarga é reduzida a zero e, associada aos ventos, inverte o sentido de sua corrente, causando a intrusão de água salgada na Lagoa Mirim (SQA, 2013, p.26).

Uma vez que o deságue dos cursos fluviais se dá nos corpos d’água supracitados (Canal São Gonçalo, Lagoa Pequena e Lagoa dos Patos), com base em Cunha (2009), classificam-se as sub-bacias hidrográficas mencionadas como de tipo endorréico. O tipo endorréico existe “quando a drenagem se dirige para uma depressão (*playa* ou lago) [...] (CUNHA, 2009, p.223)”, e não para o mar. Na figura 23<sup>4</sup>, apresenta-se o mapa hidrográfico do município de Pelotas/ RS.

<sup>4</sup> No MDE da área de estudo, notam-se saliências em forma de pontos isolados. Estas saliências não se referem a feições do relevo, mas sim à interferência de alvos da superfície (silvicultura, mata nativa etc.) na extração do PI de relevo sombreado a partir da imagem de radar (MDE).

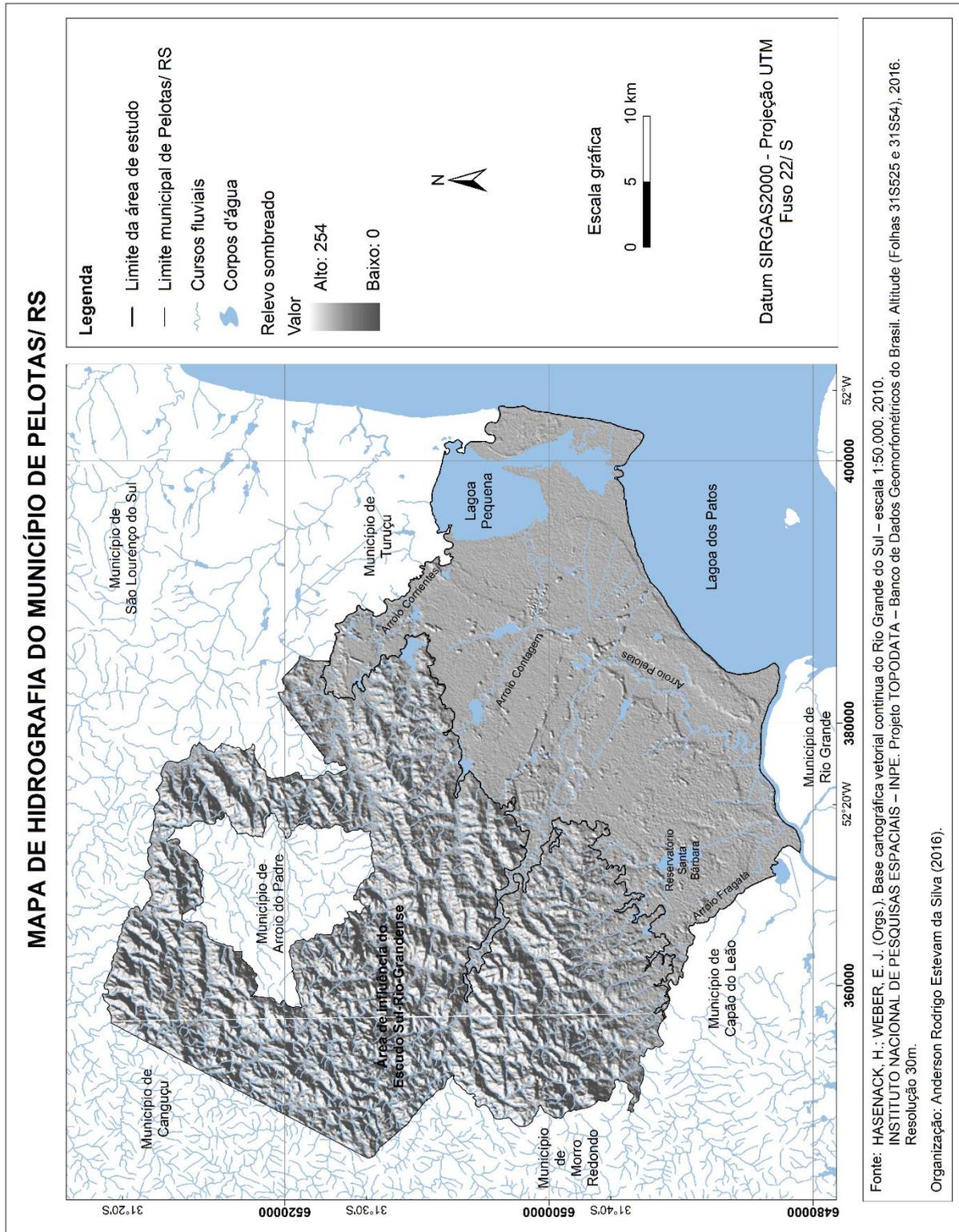


Figura 23 - Mapa de hidrografia do município de Pelotas/ RS.  
Fonte: AUTOR, 2016.

Tendo como apoio o mapa hidrográfico de Pelotas/ RS, observa-se o predomínio da drenagem dos cursos fluviais na direção noroeste-sudeste. Isso se deve à influência da inclinação do ESRG no escoamento fluvial para a PCRS (área de estudo) (ROSA, 1985).

De acordo com Dutra (2016), o ESRG no município de Pelotas é caracterizado por grande concentração de cabeceiras de drenagem, sendo possível identificar cerca de 1.587 dessas feições nessa morfoescultura, o equivalente a mais de uma cabeceira por km<sup>2</sup>. Ressalta-se que são as falhas e os afloramentos do ESRG os que acabam por abrigar nascentes e definir o entalhamento do canal de cursos fluviais, cujos baixos cursos drenam o pacote sedimentar da PCRS na área de estudo (vide subcapítulo 3.2.1 que trata da geologia).

Considerando-se as conceituações de Cunha (2009) acerca de padrões de drenagem, verifica-se no ESRG o padrão de tipo dendrítico. Segundo este autor, a drenagem dendrítica

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).

Sob a influência do ESRG, os cursos fluviais são em grande número e de pequeno volume de água, entretanto apresentam grande energia, devido aos canais estreitos, predominantemente retilíneos e à declividade mais acentuada que propicia o transporte de materiais grossos (MEGIATO, 2011).

Já na interface do ESRG com a PCRS, há a diminuição da altitude e da inclinação das vertentes do relevo (DUTRA, 2016). Em função disso, observa-se a alteração do padrão de drenagem dendrítico para um de drenagem irregular, dado que a estrutura do relevo notoriamente condiciona a fisiografia fluvial. Com base em dados levantados nesta pesquisa e em trabalho de campo, verifica-se que predomina nessa faixa da área de estudo a transição do padrão de canal entrelaçado para o de meandrante.

Canais entrelaçados são essencialmente formas deposicionais que ocorrem quando o fluxo é separado em uma série de canais pela presença de ilhas ou barras de sedimentos acumulados. As ilhas suportam a vegetação e duram muito tempo, enquanto as barras são mais instáveis. Uma vez formadas as barras, elas são rapidamente colonizadas por plantas, que as estabilizam e ajudam a formar ilhas. No entanto, essa estabilização é alterada pelo fluxo de descarga altamente variável, que contribui para a alternância de fases de degradação e agradação no canal e para a limitação ao estabelecimento da vegetação. [...] Os canais entrelaçados são formas de canal único em que o fluxo é desviado em torno de obstáculos no canal (HUGGETT, 2007, p.225, tradução nossa).

Os canais meândricos são encontrados, com frequência, nas áreas úmidas cobertas por vegetação ciliar, descrevem curvas sinuosas harmoniosas e semelhantes entre si, possuem um único canal que transborda suas águas na época das cheias [...]. A formação da sequência de depressões (*pool/s*) e umbrais (*riffles*) ao longo do leito fluvial, definindo margens de erosão e deposição, representa o estágio inicial do meandramento (CUNHA, 2009, p.218).

Tomando-se como exemplo o Arroio Pelotas (o curso de maiores dimensões da área de estudo), a figura 24 (a, b) apresenta ocorrências dessas características descritas quanto a canais entrelaçados e meandrantos.

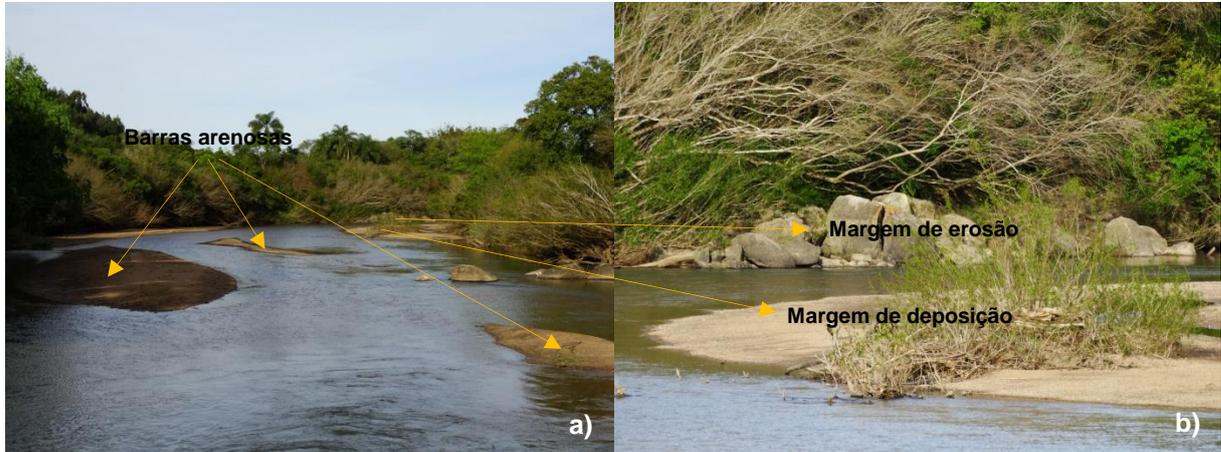


Figura 24 - Médio curso do Arroio Pelotas: a) barras arenosas; b) banco de sedimentos em margem convexa (de deposição) e blocos graníticos em margem côncava (de erosão).

Lat. 31°35'32.27"S e Long. 52°24'41.58"O / Orientação: E.

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

No que corresponde ao domínio da influência da PCRS na área de estudo, o que se verifica são condições para a diminuição da energia e turbulência dos cursos fluviais (CUNHA, 2009). Estes cursos são em menor número que no ESRG, porém com maior volume de água. De maneira geral, observa-se na área de estudo o que fora apontado por Megiato (2011) acerca do Arroio Pelotas:

Na Planície, os canais são mais largos, chegando a medir mais de 100 m de largura. Nessas áreas o transporte de sedimento é mais selecionado, transportando partículas finas em suspensão, pois nesses locais o relevo é plano, com pouca declividade e em consequência os cursos d'água possuem baixa energia (MEGIATO, 2011, p.88-89).

Cunha (2009, p.231) explica que:

Ao longo do perfil longitudinal, quando a velocidade é lenta e uniforme, as águas fluem em camadas, sem haver mistura entre elas, constituindo o fluxo laminar, no qual os processos erosivos são diminutos e a capacidade de transporte se torna reduzida, deslocando apenas partículas muito finas (CUNHA, 2009, p.231).

A figura 25 (a, b, c, d, e, f) apresenta exemplos da hidrografia onde é clara a influência da PCRS na área de estudo.

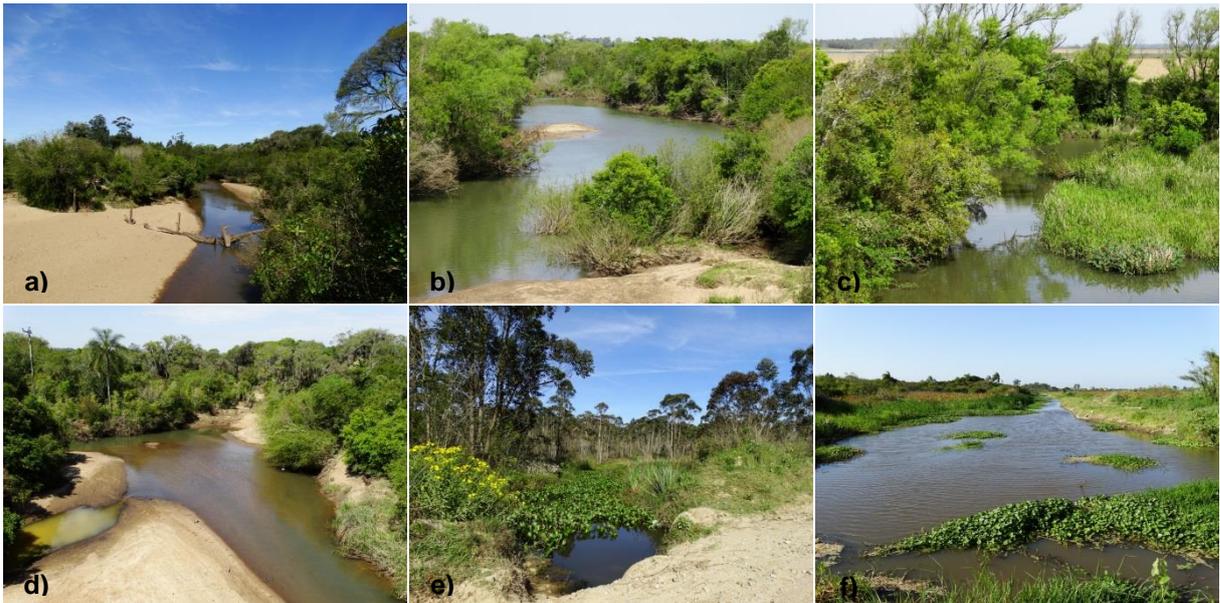


Figura 25 - a) Arroio Fragata; b) Arroio Pelotas; c) Arroio Contagem; d) Arroio Corrientes; e) Afluente do Arroio Santa Bárbara; f) Foz do Arroio Sujo.

a) Lat.  $31^{\circ}42'50.59''S$  e Long.  $52^{\circ}28'38.24''O$  / Orientação: SE; b) Lat.  $31^{\circ}37'52.82''S$  e Long.  $52^{\circ}19'33.03''O$  / Orientação: ESE; c) Lat.  $31^{\circ}34'19.91''S$  e Long.  $52^{\circ}15'47.39''O$  / Orientação: SE; d) Lat.  $31^{\circ}28'52.26''S$  e Long.  $52^{\circ}12'46.95''O$  / Orientação: E; e) Lat.  $31^{\circ}40'58.44''S$  e Long.  $52^{\circ}22'8.96''O$  / Orientação: E; f) Lat.  $31^{\circ}42'24.58''S$  e Long.  $52^{\circ}9'48.24''O$  / Orientação: N.

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

De posse dessas informações, compreende-se que a área de estudo, em sua maior parte, destaca-se como receptora das águas do ESRG e como influenciada pela Lagoa dos Patos, Lagoa Pequena e Canal São Gonçalo. Isto a revela com características hidrográficas importantes, entre elas, a boa disponibilidade hídrica para fins de abastecimento urbano, atividades agrícolas, atividades industriais etc.

Não obstante, depreende-se que ações antrópicas mal implementadas nesta área podem comprometer sensivelmente a qualidade socioambiental, haja vista que, no geral, em relevo de planície os assoreamentos podem ser provocados por processos erosivos em áreas de solo exposto em razão da baixa energia do fluxo fluvial para transportar os sedimentos carregados aos canais; a alteração da dinâmica fluvial de erosão, transporte e deposição de sedimentos pode acontecer por causa de barramentos fluviais para a criação de reservatórios e por causa de impermeabilizações da superfície para a edificação de construções; a variação da qualidade da água subterrânea e aflorante pode ocorrer em função do despejo de resíduos sem tratamento em qualquer terreno e, até mesmo, em cursos fluviais e corpos d'água, considerando-se o fluxo lateral e a maior infiltração da água no solo; etc.

Esses são alguns dos problemas que se entendem possíveis de ser desencadeados a partir de ações antrópicas inadequadas no ambiente, as quais tem potencial para intensificar alterações morfohidrográficas em condições normais e, sobretudo, quando ocorrem eventos climáticos extremos. Estas ações são tratadas de maneira mais detalhada no subcapítulo 3.3.3, que aborda as morfodinâmicas do relevo.

#### **3.2.4 Pedologia**

Fundamentando-se no mapeamento de tipos de solo do município de Pelotas realizado pela EMBRAPA em trabalho de Cunha (1996b), verifica-se que a área de estudo é diversificada quanto ao elemento solo. Também pela EMBRAPA, o resultado deste mapeamento foi analisado por Cunha e Silveira (1996).

De acordo com Cunha e Silveira (1996), os solos de Pelotas foram classificados por Sombroek em 1969, em conformidade ao sistema da FAO/ UNESCO. Em conjunto ao que fora estudado, Cunha e Silveira (1996) propuseram o estabelecido em Classificação dos Solos Usada em Levantamentos Pedológicos no Brasil da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), organizada por Camargo et al. (1987).

A última edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), organizada por Santos et al. (2013), atualiza entre outras informações pedológicas as nomenclaturas utilizadas por Cunha e Silveira (1996). No quadro 8, apresenta-se a correlação – em 1º nível categórico – entre a classificação anterior e a atual.

Quadro 4 - Correlação entre a classificação anterior e a atual de solos do município de Pelotas.

<b>Nomenclatura dos solos (1º nível categórico – ordens) – EMBRAPA</b>	
<b>Camargo et al. (1987)</b>	<b>Santos et al. (2013)</b>
Podzólico	Argissolo
Podzol	Espodossolo
Glei	Gleissolo
Solonchak	
Regossolo	Neossolo (Regolítico)
Solo Aluvial	Neossolo (Flúvico)
Areias Quartzosas	Neossolo (Quartzarênico)
Solo Orgânico	Organossolo
Planossolo	Planossolo
Solonetz	

Fonte: CAMARGO et al., 1987; SANTOS et al., 2013.

Organização: AUTOR, 2016.

Conforme esta correlação, na figura 26, apresenta-se um recorte do mapa de Cunha (1996b) no contexto dos limites vigentes do município de Pelotas<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> No mapa de solos organizado por Cunha em 1996, os municípios de Turuçu (ao norte de Pelotas) e Arroio de Padre (município enclave) ainda eram distritos de Pelotas.

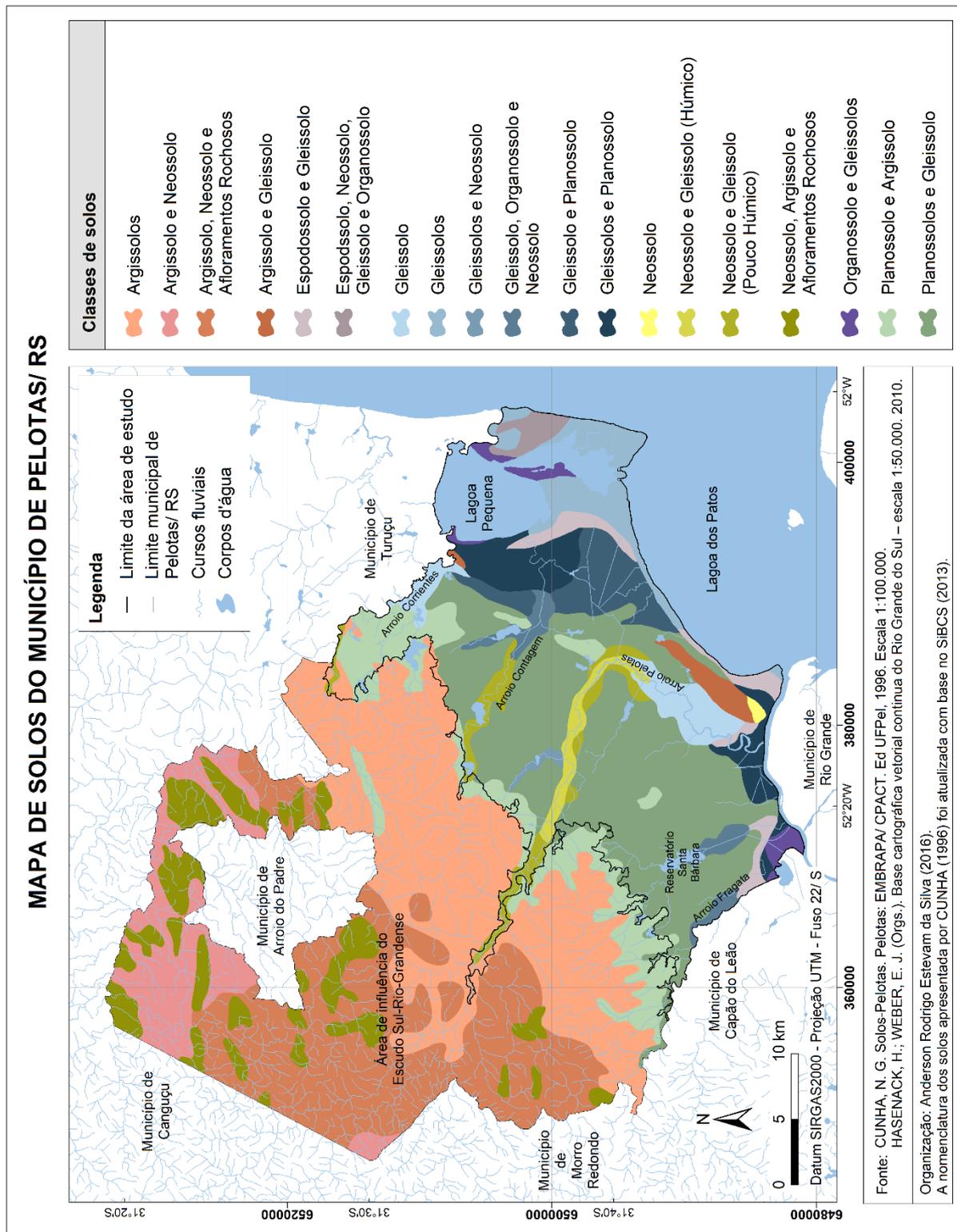


Figura 26 - Mapa de solos do município de Pelotas/ RS.

Fonte: CUNHA, 1996a; HASENACK; WEBER, 2010; SANTOS et al., 2013.

Organização: AUTOR, 2016.

Para se compreender os solos representados na figura 26 é necessário considerar suas características morfológicas e pedogenéticas a fim de que estes

sejam entendidos, conforme esclarece Neto (1984), como constituintes do biótopo<sup>6</sup> na interface entre a litosfera, hidrosfera e atmosfera. Desse modo, com base em Santos et al. (2013), são apresentadas a seguir (Quadro 9) características das classes de solos mapeadas por Cunha (1996b), bem como suas ocorrências em morfoesculturas do relevo.

Quadro 5 - Classes de solos (1º nível categórico – ordens): características e ocorrências predominantes em morfoesculturas do relevo do município de Pelotas. (Continua)

Classes de solo	Características – SiBCS	Morfoescultura do relevo
Argissolos	Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este.	ESRG e pequena parte da PCRS
Espodosolos	A cor do horizonte A varia de cinzenta até preta e a do horizonte E desde cinzenta ou acinzentada-clara até praticamente branca. A cor do horizonte espódico varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada. [...] São solos, em geral, muito pobres em fertilidade pela baixa reserva de nutrientes, de moderados a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. [...] São desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos sob condições de umidade elevada, em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgente, abaciamentos e depressões [...].	PCRS
Gleissolos	[...] permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. [...] formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água, o que pode ocorrer em diversas situações. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos [...]. [...] ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea.	PCRS

<sup>6</sup> “Refere-se ao espaço físico de um ecossistema em que existe alguma forma de vida” (ORMOND, 2006, p.51).

Quadro 5 - Classes de solos (1º nível categórico – ordens): características e ocorrências predominantes em morfoesculturas do relevo do município de Pelotas. (Conclusão)

<b>Neossolos</b>	[...] solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.	ESRG e PCRS
<b>Organossolos</b>	Em ambientes sujeitos a forte hidromorfismo, pelo fato de o lençol freático permanecer elevado durante grande parte do ano, as condições anaeróbicas restringem os processos de mineralização da matéria orgânica e limitam o desenvolvimento pedogenético, conduzindo à acumulação expressiva de restos vegetais. [...] engloba solos com horizontes de constituição orgânica (H ou O), com grande proporção de resíduos vegetais em grau variado de decomposição, que podem se sobrepor ou estar entremeados por horizontes ou camadas minerais de espessuras variáveis. [...] Ocorrem normalmente em áreas baixas de várzeas, depressões e locais de surgentes, sob vegetação hidrófila ou higrófila, quer do tipo campestre, quer do florestal [...].	PCRS
<b>Planossolos</b>	[...] solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano. [...] ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado [...]. Nas baixadas, várzeas e depressões sob condições de clima úmido, estes solos são verdadeiramente hidromórficos, com horizonte plânico que apresenta coincidentemente características de horizonte glei [...].	PCRS e transição entre PCRS e ESRG

Fonte: SANTOS et al., 2013.

Organização: AUTOR, 2016.

Com base no mapa da figura 26, nas características do quadro 9 e em observações feitas a campo, constata-se no sentido E-O da área de estudo a predominância de Gleissolos, Planossolos e Argissolos, seccionados transversalmente por Neossolos de gênese fluvial (Figura 27).



Figura 27 - Neossolo (Flúvico) em médio curso do Arroio Pelotas.  
 Lat. 31°35'32.27"S e Long. 52°24'41.58"O.  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

O domínio da sequência pedoestratigráfica Gleissolos, Planossolos e Argissolos indica a influência da litologia granito-gnáissica aflorante em terras altas do ESRG e da litologia sedimentar das terras baixas da PCRS na área de estudo – vide subcapítulo 3.2.1 correspondente à geologia – no que se refere à posição desses solos e os demais entremeados a eles, como mostram as figuras 28 (a; b; c) e 29 (a; b; c).



Figura 28 - Áreas sob influência da PCRS com classes de: a) Espodossolos; b) Gleissolos; c) Organossolos.

a) Lat. 31°45'53.88"S e Long. 52°23'9.43"O / Orientação: NNE; b) Lat. 31°35'15.44"S e Long. 52°11'47.73"O / Orientação: N; c) Lat. 31°46'53.48"S e Long. 52°21'30.03"O / Orientação: SO.  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.



Figura 29 - Áreas sob influência da transição PCRS-ESRG e do ESRG com classes de: a) Planossolos associados a Gleissolos; b) Planossolos associados a Argissolos; c) Argissolo.

a) Lat. 31°40'58.44"S e Long. 52°22'8.96"O / Orientação: O; b) Lat. 31°29'36.33"S e Long. 52°12'24.97"O / Orientação: S; c) Lat. 31°36'20.13"S e Long. 52°24'29.60"O / Orientação: SO.

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Nesse sentido, na concepção de Cunha e Silveira (1996), os solos do município de Pelotas podem ser caracterizados no contexto de cinco zonas geomorfológicas: Zona Alta, Zona Central, Zona de Lombadas, Zona de Planícies e Zona Inundável. No entanto, a presente pesquisa baseia-se no que predomina na área de estudo e, por isso, trata somente da Zona de Lombadas, Zona de Planícies e Zona Inundável.

Dessa forma, dentro do que propõem os autores (Cunha e Silveira, 1996) e no que se verifica em mapa de caráter pedogeomorfológico de Cunha (1996a), a Zona de Lombadas refere-se à Lombada Costeira Arenosa (Ma); a Zona de Planícies à Planície Alta (LA), Planície Alta Atacada (L(A)), Planície Alta Costeira (LAc) e Planície Média (LM); a Zona Inundável à Planície Baixa (LB) e Litoral Arenoso (AL).

A **Lombada Costeira Arenosa (Ma)** apresenta a ocorrência do solo Podzólico vermelho-amarelo plíntico, eutrófico (da classe dos Argissolos – Santos et al. (2013)), em um relevo quase plano (declividade de 1%) e de altitude que varia de 10 a 20m, cuja geologia regional é composta por sedimentos pleistocênicos. Seu material de origem é constituído por argilas e areias finas, o que a caracteriza com uma textura arenosa/ média. Trata-se de uma área imperfeitamente drenada e não apresenta suscetibilidade à erosão. A vegetação é constituída por gramíneas e destaca-se a grande concentração de pequenas lagoas (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

A **Planície Alta (LA)**, por sua vez, tem como solo o Planossolo eutrófico que ocorre em um relevo praticamente plano (declividade de 0,5%) e de altitude que varia entre 25 e 10m. Sua geologia regional corresponde a sedimentos pleistocênicos marinhos (material de origem), com uma textura arenosa/ argilosa. Apresenta má drenagem, sem suscetibilidade à erosão. A vegetação é caracterizada por gramíneas (CUNHA; SILVEIRA, 1996). A Planície Alta (LA) destaca-se por ser “a maior faixa sedimentar ao redor das lagoas Mirim e dos Patos (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.23)”.

A **Planície Alta Atacada (L(A))** ocorre de modo evidente ao lado de rios de maiores dimensões, entretanto não são inundáveis, e sim mais suscetíveis às inundações de grandes enchentes do que a Planície Alta. Sua geologia é bastante semelhante à da Planície Alta, porém com menor conteúdo de argila e maior teor de cascalho (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

A Planície Alta Atacada possui solos comparáveis aos da Planície Alta (5LA), mas, em toda parte, as texturas são, normalmente, relativamente arenosas e com grande quantidade de cascalhos. Isso reflete maior espessura e maior quantidade de areia, na camada superior, e coloração mais clara na parte inferior (E). Essa camada superior pode ser mais ácida, com baixa atividade química da argila. A condição de drenagem pode ser melhor onde estão localizados os subgrupos Aeríc e pior onde se localizam os subgrupos Paraquíc. Entretanto, essas áreas podem ter percentagens de sódio elevadas no subsolo (10-15%). Pode haver alguma estratificação nas texturas da camada subsuperficial e do subsolo, como induzem algumas amostras, devido à sedimentação. O solo formado sugere um aspecto fluvial. Em cada depressão, estabelece-se o Humic Ochric Gleysol [Gleissolo – Santos et al. (2013)], que ocupa de 5 a 50% do terreno (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.25).

Com relação à **Planície Alta Costeira (LAc)**, área onde ocorre Planossolo e Gleissolo, Cunha e Silveira (1996, p.25-26) a descrevem da seguinte maneira:

A Planície Alta Costeira (fases arenosa ou atacada) compreende as terras sedimentares arenosas situadas próximo à lagoa dos Patos. É caracterizada por má drenagem, solo profundo, com baixa ou satisfatória fertilidade química, e más propriedades físicas. Essa planície é constituída por uma alta percentagem de areia fina, relativa espessura na camada superior, percentagem baixa de matéria orgânica e, freqüentemente percentagem alta de magnésio trocável (Ochric Planosol [Planossolo – Santos et al. (2013)], fase costeira, e Na-Mg Alkali Soil, fase costeira).

A terra é plana, mas há considerável mesorrelevo. O material de origem é constituído por sedimentos pleistocênicos marinhos. Não há afloramentos rochosos, pedregosidade e arbustos ou vegetação de mata.

Segundo estes autores, a vegetação da área de Planície Alta Costeira é composta por gramíneas na forma de macegas. Cabe como destaque a ocorrência de lagoas pequenas, mas consideravelmente largas e profundas.

Acerca da **Planície Média (LM)**, entende-se que esta:

[...] cobre extensa área sedimentar plana ao redor das lagoas dos Patos e Pequena, situada entre a Planície Alta, mais antiga, e a Planície Inundável, de sedimentos recentes (Holoceno). A área está separada da Planície Alta por uma escarpa de declives suaves de cerca de 2 m. A transição para a Planície Inundável é muito gradual. A terra é completamente plana e, normalmente, não tem gradiente para a lagoa dos Patos (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.26).

Na Planície Média, há a ocorrência de Planossolo eutrófico em relevo praticamente plano (declividade 0,02%) com altitude de 5 a 8m. É constituída por sedimentos argilosos pleistocênicos marinhos (material de origem), o que a confere uma textura arenosa/ média. Apresenta má drenagem e nenhuma suscetibilidade à erosão. A vegetação natural é representada por gramíneas.

A **Planície Baixa (LB)** foi subdividida por Cunha e Silveira (1996) em nove unidades, as quais dizem respeito a áreas que frequente e ocasionalmente são inundadas por riachos, rios, Lagoa dos Patos, Lagoa Pequena e Canal São Gonçalo. Definem essas unidades: Terras Baixas Fluviais (LBr); Terras Baixas de Riachos (LBa); Terras com Matas Fluviais (F); Banhados Fluviais (Ba); Planície Baixa de Estuário (LBd); Planície Baixa Lacustre (LBI); Planície do São Gonçalo (LBg); Banhados Lacustres Baixos (Bli); e Banhados Marginais da Lagoa dos Patos (Blp).

De acordo com o mapa de Cunha (1996b), o que se observa nessas unidades é o predomínio de: Solo Aluvial (Neossolo Flúvico – Santos et al. (2013)) e Glei pouco Húmico em Terras Baixas Fluviais (LBr); Glei pouco Húmico, Solo Aluvial e Glei Húmico em Terras Baixas de Riachos (LBa); Solo Aluvial e Glei Húmico em Terras com Matas Fluviais (F); Glei Húmico, Solo Orgânico e Solo Aluvial em Banhados Fluviais (Ba); Glei Húmico em Planície Baixa de Estuário (LBd); Glei Húmico Solódico, Solonetz (Planossolo – Santos et al. (2013)) e Solonchak (Gleissolo – Santos et al. (2013)) em Planície Baixa Lacustre (LBI); Glei Húmico e Glei pouco Húmico Solódicos, Solonetz e Solonchak em Planície do São Gonçalo (LBg); Solo Orgânico Salino, Glei Húmico e solo Glei Tiomórfico em Banhados Lacustres Baixos (Bli); Solonchak e solos hidromórficos em Banhados Marginais da Lagoa dos Patos (Blp).

Como ponto em comum os solos da Planície Baixa (LB) estão situados em relevos baixos e bastante planos (com declividade chegando a zero %) no contexto de uma geologia regional composta por sedimentos holocênicos em áreas de influência fluvial, lagunar e lacustre, o que justifica a má drenagem característica dessas unidades (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Com base em Cunha e Silveira (1996), destacam-se algumas informações sobre essas áreas a seguir.

Quanto às características desses solos, pode-se destacar que a ocorrência de pedregosidade (seixos) é observada somente na unidade das Terras com Matas Fluviais (F), onde também ocorrem cascalhos. Esses terrenos são inundados durante alguns meses do ano devido ao fato de acompanharem o leito principal dos rios (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Por sua vez, as Terras Baixas Fluviais (LBr) possuem como material de origem sedimentos aluviais arenosos recentes, sem pedregosidade, sendo inundadas em um curto período do ano (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Já os Banhados Fluviais (Ba) apresentam como material de origem sedimentos argilosos aluviais e turfas recentes em função de corresponderem a terras que “são inundadas no inverno e permanecem

molhadas durante a maior parte do ano, por terem a drenagem superficial impedida (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.30-31)".

As Terras Baixas de Riachos (LBa) ficam inundadas por pouco tempo quando em época de cheia. Embora tenham como material de origem sedimentos argilosos aluviais, seus solos são considerados pobres. De acordo com Cunha e Silveira (1996, p.30), "as terras estão separadas das planícies (Alta ou Média), por uma escarpa baixa, de 1 a 2 m de altura".

Acerca das planícies, a Planície Baixa de Estuário (LBd) apresenta inundações por vários meses, como resultado da influência dos corpos lagunares e do Canal São Gonçalo. Seus materiais compreendem "areias recentes e sub-recentes, siltes e certas argilas depositadas, em grande parte, em condições de água doce (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.32)". Já a Planície Baixa Lacustre (LBI) possui como material de origem areias, siltes e argilas da formação Aluvião Lagunar, porém fica superficialmente inundada. E, por último, a Planície do São Gonçalo (LBg) apresenta-se inundada no inverno, mas seca no verão. Seus materiais de origem são, mormente, constituídos por sedimentos arenosos da formação Aluvião Lagunar (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Os Banhados Lacustres Baixos (Bli) são profundamente inundados no inverno; no verão a inundações é mais rasa. Seus materiais de origem são a argila, silte ou areias da formação Aluvião Lagunar, com turfas recentes. Diferentes, os Banhados Marginais da Lagoa dos Patos (Blp) apresentam-se constantemente alagados em pequena profundidade, sendo seus materiais de origem semelhantes aos da unidade Bli, à exceção das turfas (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

A zona do **Litoral Arenoso (AL)** também é subdividida em outras três unidades, as quais são definidas por Traços de Praia Lacustres (PI); Traços de Praia Costeiros (Pc); e Dunas Costeiras (Dc).

Nas áreas de Traços de Praia Lacustres (PI) dominam os solos Podzol Hidromórfico (Espodossolo – Santos et al. (2013)) e Glei Húmico, cujo material de origem caracteriza-se por serem sedimentos arenosos de dunas (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Conforme Cunha e Silveira (1996, p.36):

A terra, como um todo, é plana, mas há muito mesorrelevo devido à presença de ondulações paralelas e depressões. Na parte baixa, as depressões formam canalizações, que são, parcialmente, alagadas. Os cordões arenosos formam as partes altas e centrais irregulares, com vegetação mais rala.

Nas partes baixas ocorrem plantas semi-aquáticas, com poucas invasoras altas; ao passo que nas partes altas, ocorre cobertura rasa e densa de gramíneas perenes desenvolvidas no verão (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Próximo à Lagoa Pequena, os Traços de Praia Costeiros (Pc) são caracterizados por Podzol Hidromórfico (Espodossolo – Santos et al. (2013)), Areias Quartzosas (Neossolo Quartzarênico – Santos et al. (2013)), Glei Húmico e Solo Orgânico (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

As terras são caracterizadas pela ocorrência de muitas cristas baixas, perfeitamente paralelas, com estreitas faixas de terras de nível inferior, também paralelas, que ficam, continuamente, submersas no inverno por águas da chuva. O mesorrelevo é pronunciado. Os sedimentos são de areias finas e algumas turfas recentes (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.36-37).

As Dunas Costeiras (Dc), por seu turno,

[...] ocorrem ao longo da costa, exceto no extremo sul. Encontram-se também longe da costa, como casos isolados. Essas dunas são baixas e, em grande parte, sem vegetação. Os topos das dunas estão a apenas cerca de 5 m acima das partes mais baixas da terra, e a altitude média é de apenas 10 a 15 m. Tanto a cadeia de dunas costeiras como os grupos isolados ainda estão expandindo suas dimensões (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.37).

Essas Dunas são formadas por solos excessivamente drenados e suas areias são denominadas de Dune Rhegosol; diferenciam-se por conformarem um relevo que, continuamente, é alterado pelo vento (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Por fim, também se entende que fatores relacionados à produtividade dos solos podem direcionar a substituição de coberturas naturais por usos potenciais da terra. Nesse sentido, de acordo com Cunha e Silveira (1996) que enfatizam o uso agrícola das terras, os solos da Planície Alta (5LA), Planície Alta Atacada 5L(A), Planície Alta Costeira (3LAc) e Planície Média (2LM) correspondem a:

Terra apta para cultivos aráveis, com severas limitações, que restringem a escolha de plantas ou requerem práticas especiais de conservação. A pastagem natural pode ser transformada, com moderada facilidade, em pastagens de alta qualidade (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.40).

Quanto à Planície Baixa (LB) – Terras Baixas Fluviais (LBr), Terras Baixas de Riachos (LBa), Banhados de Riachos (Ba), Planície Baixa de Estuário (LBb), Planície Baixa Lacustre (LBI), Planície do São Gonçalo (LBg) e Banhados Marginais da Lagoa dos Patos (Blp) – e ao Litoral Arenoso (AL) – Traços de Praia (PI) e Traços de Costeiros (Pc) – tem-se: “terra não apta para cultivos aráveis, cuja cobertura natural de pastos pode ser um pouco melhorada, com utilização de medidas especiais (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.41)”.

Sem nenhum uso agrícola indicado, estão os solos das Dunas Costeiras (Dc) e os dos Banhados Lagunares Inundados (Bli) que correspondem a: “terra sem

qualquer utilização potencial agrícola, embora tenha valor para recreação, fauna e flora, etc. (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.41)". Além desses, estão também os solos das Terras com Matas Fluviais (F), que são caracterizados por "terra não apta para cultivos aráveis e pouco viável para pastagem, mas utilizável para florestamento (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.41)".

A partir das informações levantadas é possível compreender que as condições necessárias para o desenvolvimento de diferentes classes de solo estão atreladas ao afeiçoamento do relevo terrestre em diversos tipos de formas. Desse modo, considera-se que tais informações podem auxiliar sobremaneira o entendimento sobre aspectos genéticos e cronológicos do relevo, pois as oscilações glácio-eustáticas que preponderaram no arranjo da PCRS deixaram vestígios de quadros ambientais pretéritos em sedimentos depositados e convertidos em solo.

Neste contexto, também emerge a importância de se identificar os usos e coberturas da terra a fim de melhor observar a organização socioeconômica de Pelotas em associação a elementos físico-ambientais, entre eles, o solo; bem como no tocante ao desenvolvimento de formas de processos atuais do relevo (morfodinâmicas), as quais são discutidas mais adiante.

### **3.2.5 Usos e coberturas da terra**

De acordo com o IBGE (2013), o levantamento de usos e coberturas da terra propicia o conhecimento das formas e da dinâmica de uso e ocupação do espaço terrestre. Disso resultam condições para a organização de planejamentos e tomadas de decisão a partir da construção de indicadores ambientais e a avaliação da capacidade de suporte ambiental de uma dada área (IBGE, 2013).

A fim de compreender a organização do espaço geográfico articulada pelo ser humano com a substituição de coberturas por usos, apresenta-se na figura 30 o mapa de usos e coberturas da terra da área de estudo, o qual é constituído por sete classes: Área Urbana, Cobertura Herbácea, Silvicultura, Mata Nativa, Áreas Úmidas, Água, Solo Exposto. Em comparação ao mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa, de 2009, organizado pela UFRGS-IB-Centro de Ecologia (Figura 31), constata-se a semelhança deste com o mapa exposto pela figura 30.

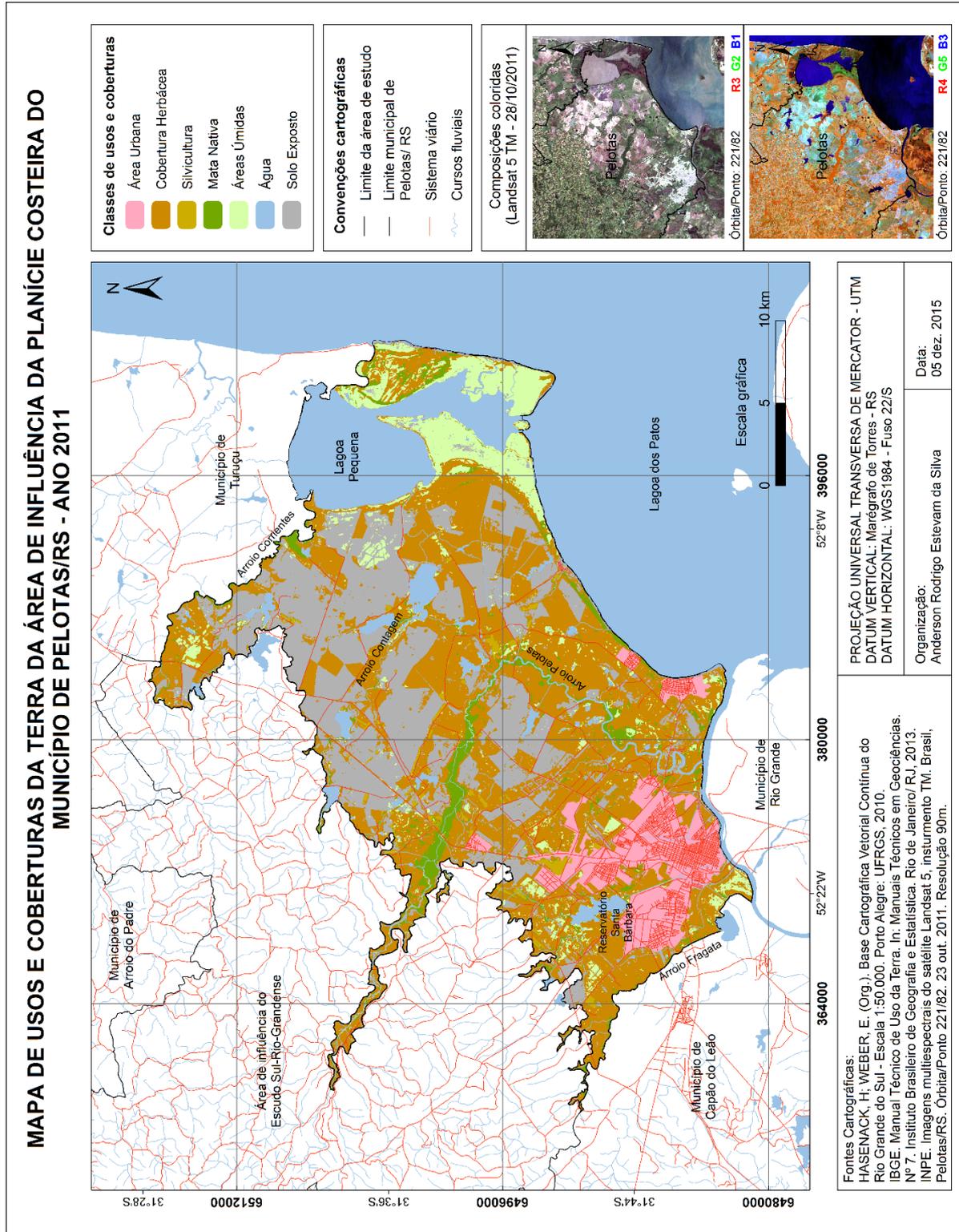


Figura 30 - Mapa de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira no município de Pelotas/ RS - ano 2011  
 Fonte: AUTOR, 2015.

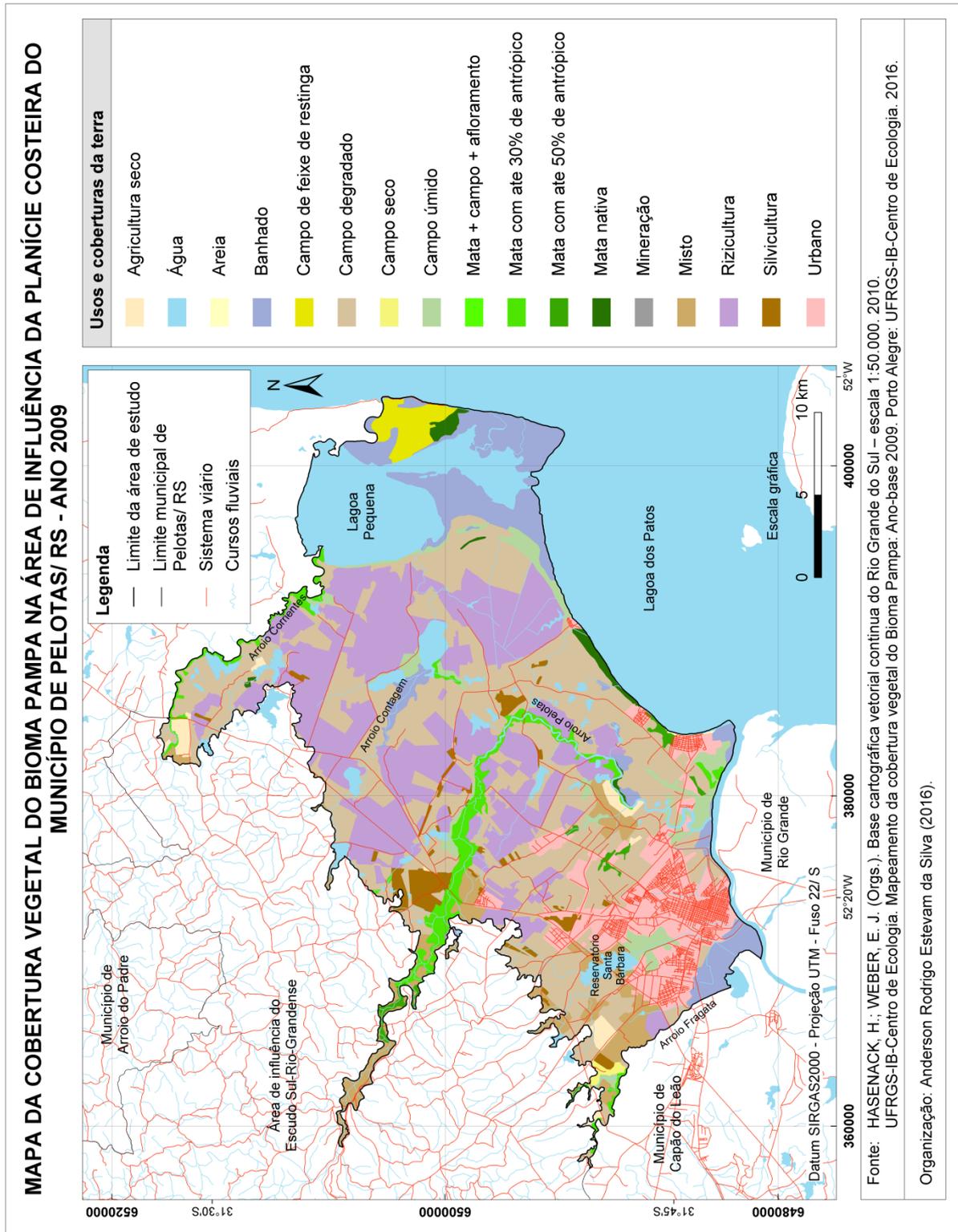


Figura 31 - Mapa da cobertura vegetal do Bioma Pampa na área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS - ano 2009  
 Fonte: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 2016.

Para fins de quantificação, buscam-se os dados do mapa da figura 30 devido o melhor detalhamento deste. Na tabela 3, é apresentada a quantificação em km<sup>2</sup> e em

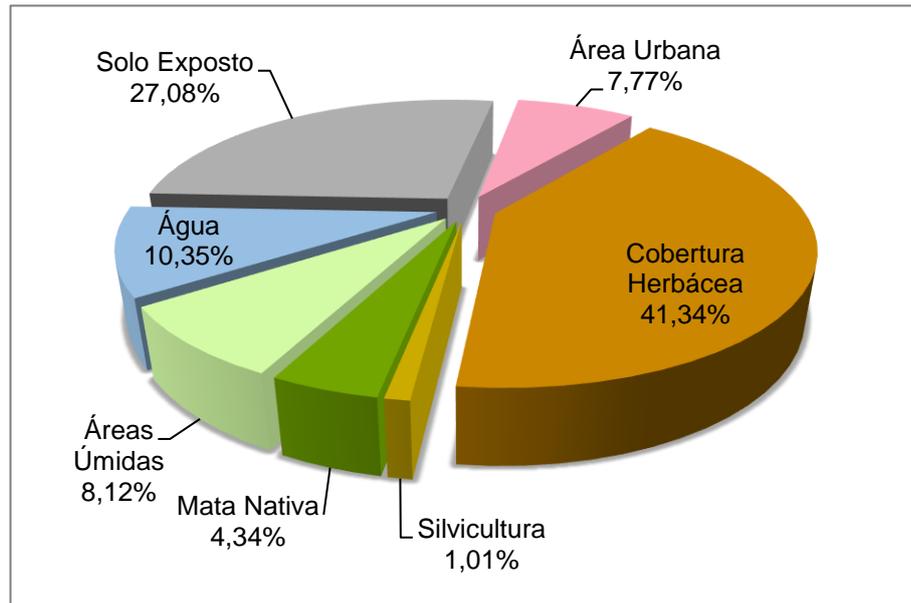
ha (Hectare) das classes de usos e coberturas da terra. O gráfico 5 ilustra a porcentagem com que foram identificados os usos e coberturas na área de estudo.

Tabela 3 - Quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas – 2011.

Classes de usos e coberturas da terra	Área	
	km <sup>2</sup>	ha
Área Urbana	55,72	5.572
Cobertura Herbácea	296,32	29.632
Silvicultura	7,21	721
Mata nativa	31,1	3.110
Áreas Úmidas	58,24	5.824
Água	74,17	7.417
Solo Exposto	194,1	19.410

Fonte: AUTOR, 2015.

Gráfico 5 - Porcentagem da quantificação das classes de usos e coberturas da terra da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas – 2011.



Fonte: AUTOR, 2015.

Com base na análise do mapa e nos dados quantitativos, observa-se a predominância das classes de Cobertura Herbácea (29.632ha ou 41,34%) e Solo Exposto (19.410ha ou 27,08%), sendo que as que menos predominam são as de Silvicultura (721ha ou 1,01%), Mata Nativa (3.110ha ou 4,34%) e Áreas Úmidas (5.824ha ou 8,12%).

Conforme Rödel (2013), que estudou os usos e coberturas da terra no município de Pelotas, o Solo Exposto corresponde a áreas em preparo para cultivo agrícola de arroz irrigado, o qual requer uso de maquinário, grande disponibilidade hídrica e superfícies planas (Figura 32a). Esta classe também pode corresponder a áreas de outras culturas, como a da soja (Figura 32b).



Figura 32 - a) Área em preparo para cultivo de arroz irrigado; b) Área em preparo para cultivo de soja. a) Lat. 31°36'33.71"S e Long. 52°16'49.47"O / Orientação: O; b) Lat. 31°35'0.87"S e Long. 52°14'29.41"O / Orientação: E.  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

A Cobertura Herbácea é observada onde ocorre vegetação rasteira de origem natural (área campestre) ou antrópica (áreas de cultivos recentes) (Figura 33a). A Mata Nativa é evidente junto aos cursos fluviais e nas Áreas Úmidas (Figura 33b). Por outro lado, a Silvicultura, mormente formada por Eucalipto, encontra-se esparsamente distribuída (Figura 33c).

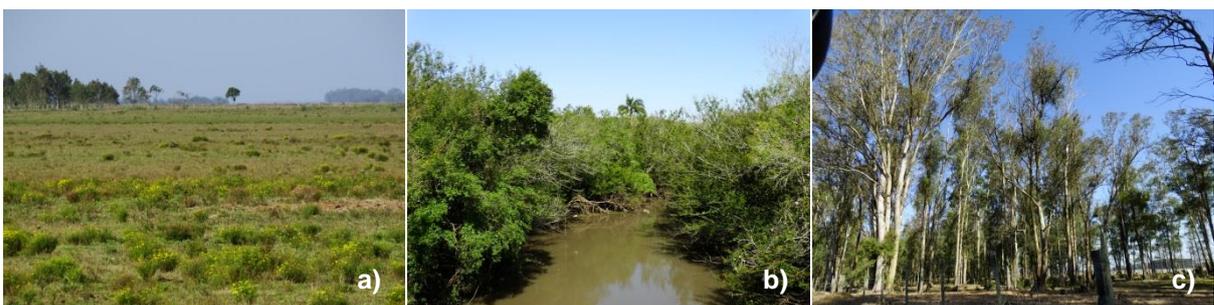


Figura 33 - a) Cobertura herbácea de área em pousio; b) Mata ciliar do Arroio Contagem; c) Silvicultura. a) Lat. 31°39'5.40"S e Long. 52°11'54.29"O / Orientação: O; b) Lat. 31°35'0.87"S e Long. 52°14'29.41"O / Orientação: ESE; c) Lat. 31°37'30.67"S e Long. 52°15'41.29"O / Orientação: S.  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

No caso da classe da Água, observa-se ocorrência considerável (7.417ha ou 10,35%). Esta é composta em grande parte pela Lagoa Pequena, Arroio Corrientes, Arroio Contagem e Arroio Pelotas (Figura 34a), além de canais artificiais destinados à irrigação agrícola (Figura 34b), açudes de propriedades rurais e o Reservatório Santa Bárbara (Figura 34c).



Figura 34 - a) Arroio Pelotas – médio curso; b) Canal de irrigação agrícola; c) Reservatório Santa Bárbara.

a) Lat.  $31^{\circ}37'52.82''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}19'33.03''\text{O}$  / Orientação: E; b) Lat.  $31^{\circ}39'5.40''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}11'54.29''\text{O}$  / Orientação: E; c) Lat.  $31^{\circ}42'1.63''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}22'44.42''\text{O}$  / Orientação: S.

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

As Áreas Úmidas (ou também área de banhados) estão presentes principalmente nas margens da Lagoa Pequena e no interflúvio entre o baixo curso (próximo à foz) do Arroio Fragata e do Arroio Santa Bárbara (curso retelinizado) no Canal São Gonçalo (Figura 35a). Estas áreas também se apresentam com menor evidência em outros compartimentos às margens do Canal São Gonçalo, em áreas de cultivo de arroz irrigado e nas proximidades a cursos fluviais. Em algumas situações, até mesmo na cidade há ocorrência de áreas úmidas (Figura 35b, c, d).



Figura 35 - a) Áreas úmidas próximas ao Canal São Gonçalo, entre o Arroio Santa Bárbara em 1º plano e o Arroio Fragata em 2º plano; b) Área úmida e sua vegetação característica próximo à localidade do Barro Duro; c) Áreas úmidas entre a BR-392 e domicílios; d) Áreas úmidas entre a Av. Adolfo Fetter e domicílios.

a) Lat.  $31^{\circ}46'53.48''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}21'30.03''\text{O}$  / Orientação: SO; b) Lat.  $31^{\circ}44'11.05''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}13'20.49''\text{O}$  / Orientação: NO; c) Lat.  $31^{\circ}45'53.88''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}23'9.43''\text{O}$  / Orientação: NNE; d) Lat.  $31^{\circ}45'36.70''\text{S}$  e Long.  $52^{\circ}15'14.28''\text{O}$  / Orientação: N.

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Por sua vez, a Área Urbana (5.572ha ou 7,77%) encontra-se concentrada nas porções sul, onde está situada a cidade de Pelotas junto ao Canal São Gonçalo (Figura 36a), e leste da área de estudo, onde estão situados o bairro Laranjal (Figura 36b) e a localidade Barro Duro na margem da Lagoa dos Patos (Figura 36c).



Figura 36 - a) Cidade de Pelotas – R. Lobo da Costa; b) Bairro Laranjal – Calçadão da Praia do Laranjal; c) Localidade do Barro Duro – Próximo à Av. Mato Grosso.

a) Lat. 31°46'16.09"S e Long. 52°20'22.89"O / Orientação: O; b) Lat. 31°45'32.68"S e Long. 52°13'41.65"O / Orientação: S; c) Lat. 31°44'7.08"S e Long. 52°12'36.34"O / Orientação: SE.

Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

Uma vez identificados e caracterizados os tipos de usos e coberturas da terra, entende-se formada parte de informações para a compreensão de morfodinâmicas do relevo terrestre, haja vista que áreas descobertas são mais vulneráveis a processos erosivos; cursos fluviais desprovidos de mata ciliar são mais suscetíveis a solapamento de taludes e assoreamento; áreas úmidas apresentam importâncias ecológicas e regulam hidrodinâmicas; áreas urbanizadas propiciam a alteração da dinâmica ambiental mediante a substituição de cobertura natural por uso artificial da terra.

### 3.3 Análise geomorfológica da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas

#### 3.3.1 Morfologias: padrões de formas semelhantes de relevo

De acordo com Florenzano (2008a, p.16), a ruptura de declive indica a “descontinuidade de aclave de uma vertente”. Sendo assim, uma vez identificadas estas rupturas e consideradas as informações de hipsometria e clinografia, torna-se possível a distinção generalizada de depressões e elevações relativas da superfície

terrestre. Desse modo, tem-se a delimitação da área de influência da morfoescultura PCRS no município de Pelotas/ RS e, conseqüentemente, a constituição de subsídio para o (re)conhecimento de seus padrões de formas semelhantes de relevo. Esta delimitação também encontra respaldo em trabalho elaborado por Dutra (2016), que estudou o relevo da área de influência da morfoescultura ESRG em Pelotas/ RS por meio de análise e mapeamento geomorfológico de padrões de formas semelhantes e compartimentos do relevo.

Conforme Dutra (2016 p.84),

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 é marcada por uma amplitude altimétrica de 397 metros.

[...] no município de Pelotas predominam as áreas de valores altimétricos considerados baixos [em sua maior parte referentes à influência da PCRS], entre 0 e 20 metros, que correspondem a 713,97 km<sup>2</sup>, ou seja, mais de 44% da superfície do município.

Ainda segundo o mesmo autor,

São predominantes no município de Pelotas, declividades menores que 02% [em sua maior parte referentes à influência da PCRS], as quais contabilizam uma superfície de 1001,49 km<sup>2</sup> ou mais de 62% da área deste município (DUTRA, 2016, p.86).

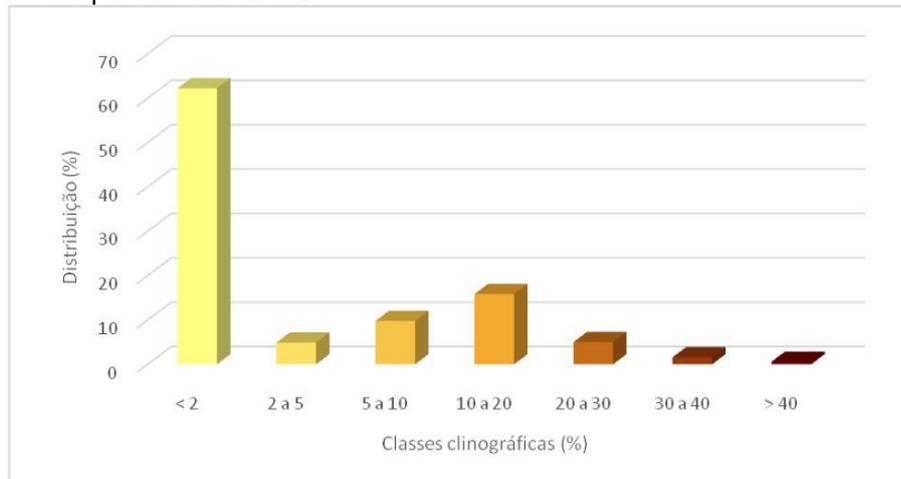
A seguir, nos gráficos 2 e 3 é possível compreender a distribuição percentual de altitudes e declividades do município de Pelotas/ RS, respectivamente.

Gráfico 6 - Distribuição percentual da área de classes hipsométricas do município de Pelotas/ RS.



Fonte: DUTRA, 2016, p.86.

Gráfico 7 - Distribuição percentual da área das classes clinográficas do município de Pelotas/ RS.



Fonte: DUTRA, 2016, p.87.

A fim de se entender no âmbito da área de influência da PCRS em Pelotas/ RS as informações levantadas por Dutra (2016) para todo o município, foram organizados mapas que abordam elementos topográficos, hipsométricos e clinográficos. Na figura 37, é apresentado o mapa de elementos topográficos<sup>7</sup>; na figura 38, o mapa de classes hipsométricas; e na figura 39, o mapa de classes clinográficas<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> As curvas de nível com equidistância de 1m obtidas de imagem de radar não foram inseridas na representação cartográfica nem mesmo em maior equidistância devido à interferência de alvos da superfície (silvicultura, mata nativa etc.) no contorno das mesmas. Recorda-se que estas foram utilizadas de maneira complementar junto a outros dados nas atividades desenvolvidas.

<sup>8</sup> Assim como no caso das curvas de nível (vide Nota de Rodapé nº 7), o PI de hipsometria e clinografia classificados a partir de imagem de radar sofrem interferência de alvos da superfície. A saliência de pontos isolados e, por vezes, retilíneos de cor vermelha (para hipsometria) ou marrom forte (para clinografia) referem-se principalmente à silvicultura e à mata nativa, e não propriamente às feições do relevo terrestre. Recorda-se que também esses PIs foram utilizados de modo complementar junto a outros dados nas atividades desenvolvidas.

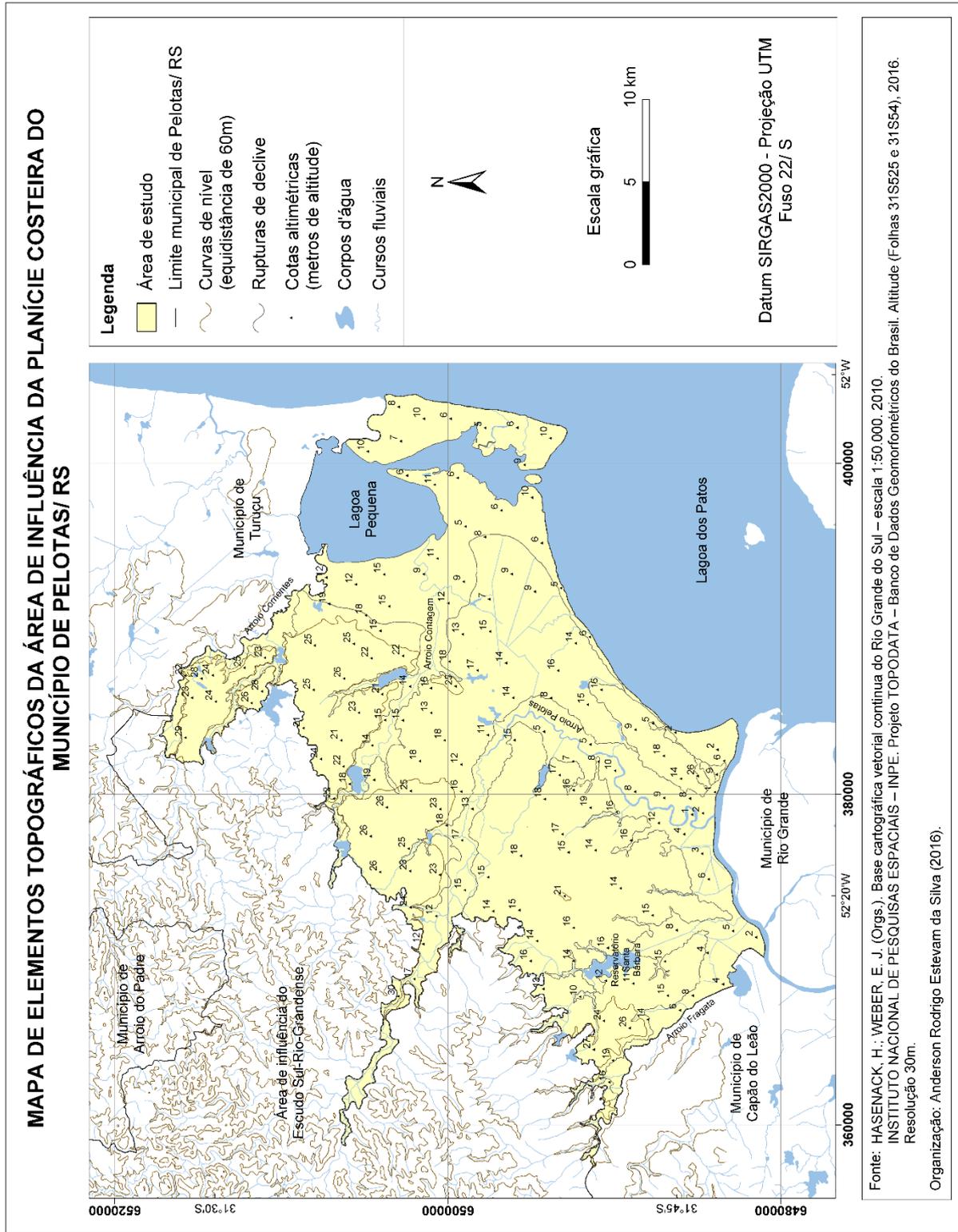


Figura 37 - Mapa de elementos topográficos da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/RS.  
Fonte: AUTOR, 2016.

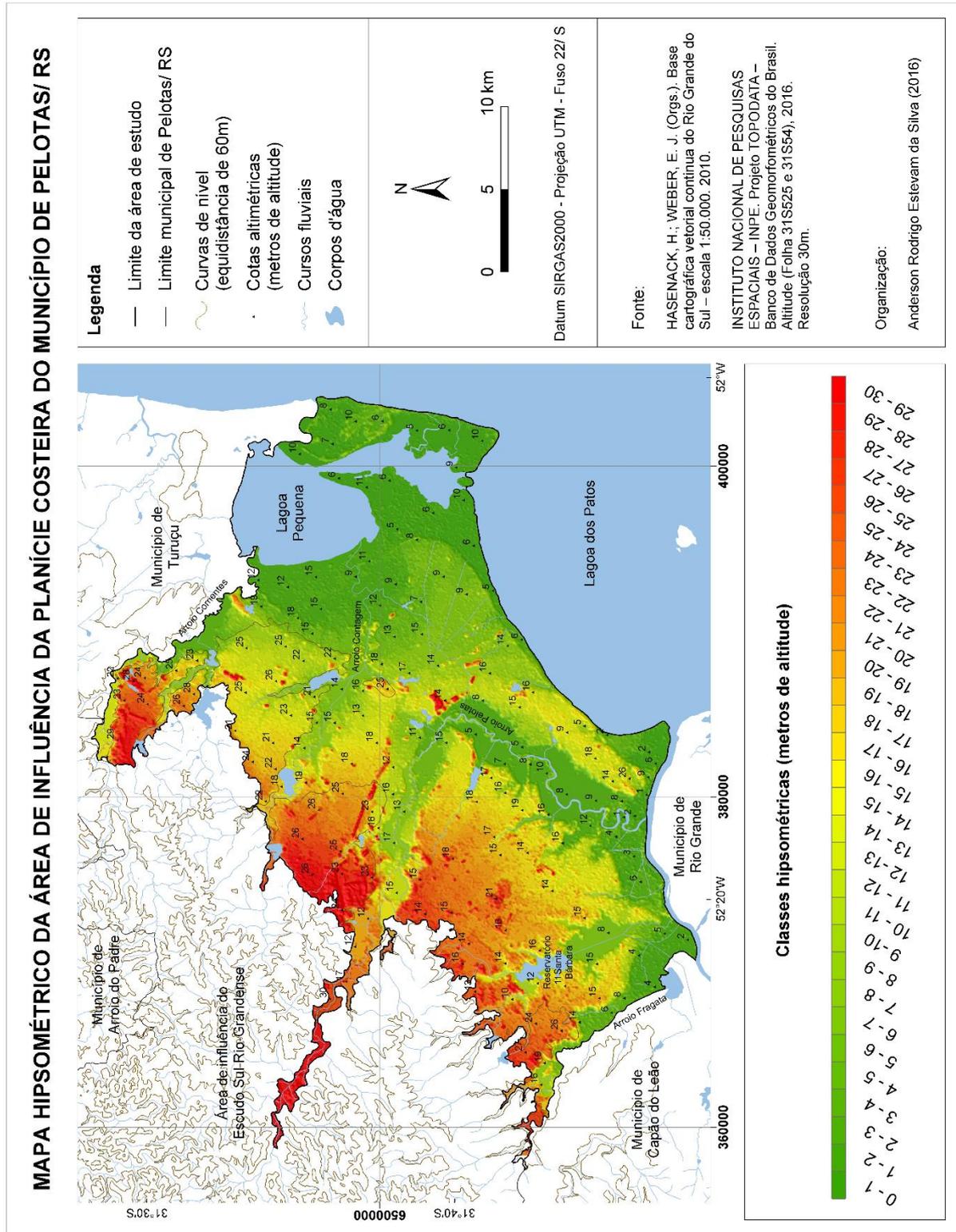


Figura 38 - Mapa hipsométrico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/RS.  
 Fonte: AUTOR, 2016.

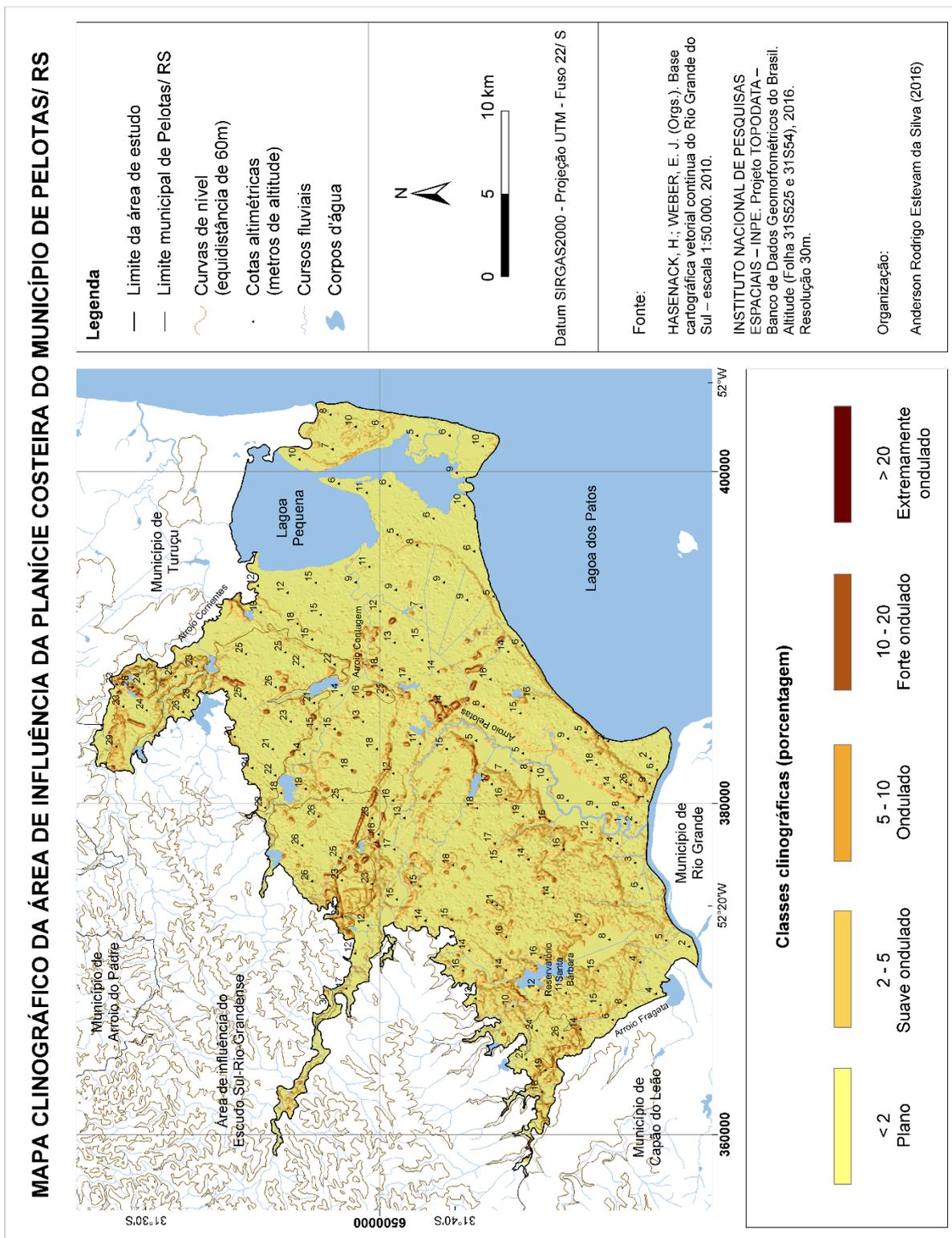


Figura 39 - Mapa clinográfico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/RS.  
 Fonte: AUTOR, 2016.

Com base no que fora estudado por Dutra (2016) e no que é representado pelos mapas da figura 37, 38 e 39, verifica-se que o limite da influência da PCRS em Pelotas/RS em sua borda oeste é indicado pela progressão da altitude em segmentos de

vertente que apresentam aumento da inclinação. Em função disso, tem-se nesse limite a transição de um relevo baixo e plano para um relevo alto e ondulado referente à influência do ESRG na faixa oeste de Pelotas/ RS, o que caracteriza uma ruptura de declive entre as morfoesculturas do município.

No contexto da área de estudo, com o apoio do mapa de elementos topográficos (Figura 37) e do mapa hipsométrico (Figura 38), entende-se que a cota altimétrica mais elevada registre 30m na parte oeste (no Arroio Pelotas) e a mais baixa 1m na parte sul (próximo ao Canal São Gonçalo), e que, portanto, a amplitude altimétrica aproximada corresponda a 30m. De modo geral, constata-se a ocorrência de cotas mais elevadas onde os cursos fluviais drenam a interface da área de influência do ESRG com a da PCRS na área de estudo, ao passo que cotas mais baixas onde há o deságue dos cursos fluviais na Lagoa dos Patos, Lagoa Pequena e Canal São Gonçalo.

As descontinuidades de aclave indicadas pelas rupturas de declive (Figura 37) e pelas classes clinográficas (Figura 39) evidenciam áreas de patamares dominantes entre 14 e 23m de altitude, os quais estão em geral entremeados por áreas relativamente deprimidas que predominam com altitudes entre 1 e 13m. Ambas as áreas são caracterizadas em sua maior parte por clinografias de relevo plano (<2%), sendo somente mais inclinados os segmentos de vertente que correspondem ao desnível do contato entre as áreas relativamente mais altas e mais baixas.

Observa-se que esses patamares são mais próximos aos corpos d'água na parte sul (Canal São Gonçalo e Lagoa dos Patos) do que na parte nordeste (Lagoa Pequena e Lagoa dos Patos) da área de estudo. Neste contexto, é possível identificar variações altimétricas menores e clinografias mais suaves no nordeste do que no sul. Enquanto no nordeste as variações altimétricas do contato entre os patamares evidenciados e as áreas relativamente deprimidas não alcançam pouco mais que 10m de amplitude e a clinografia predomina com menos de 2%; no sul, estas variações chegam a mais de 20m e a clinografia é mais acentuada (Figuras 37, 38 e 39).

Nesse sentido, fundamentando-se na análise dos elementos topográficos e das classes clinográficas e hipsométricas predominantes na área de estudo, foram identificados cinco padrões morfométricos do relevo. Estes padrões são todos caracterizados pela predominância de declividades baixas (<2%), porém distintos quanto às altitudes. As altitudes identificadas para cada padrão referem-se aos

seguintes intervalos de classes hipsométricas: 1 - 2m; 3 - 13m; 10 - 15m; 14 - 17m; 14 - 23m.

Considerando-se aspectos morfográficos da superfície, foram definidos padrões morfológicos de relevo, como: **pontal**, **planícies**, **dunas**, **lombadas** e **terraços**. Nessa definição, alinhadas às cotas altimétricas, constituíram-se em elementos importantes as rupturas de declive e fisiografias de superfícies adjacentes. Junto a isso, buscou-se fundamentação em autores que conceituam tipos de forma de relevo.

Preliminarmente, acerca dos patamares observados na área de estudo, Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.465) explicam que o patamar de vertente (ou simplesmente patamar):

Corresponde a uma superfície plana que interrompe a continuidade do declive de uma vertente. Esses patamares [...] podem ser motivados por uma retomada de erosão, sendo, neste caso, considerados como terraços [...].

Conforme Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.601), “Os terraços aparecem com mais frequência ao longo dos rios, ou ainda na borda dos lagos, lagoas e mesmo ao longo do litoral”. Assim, justapostas aos terraços entende-se que ocorram predominantemente o padrão de planícies, haja vista Florenzano (2008a, p.12) definir as planícies como “terrenos baixos e planos [...]” e Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.492) como áreas onde:

[...] a topografia é caracterizada por apresentar superfícies pouco acidentadas, sem grandes desnivelamentos relativos.

A planície no sentido estrito de planura não existe. Trata-se de terrenos mais ou menos planos [...] e, geralmente, de baixa altitude.

A planície é uma forma de relevo, geralmente extensa, cuja superfície plana ou suavemente ondulada lhe confere um caráter monótono e é assim que, do ponto de vista descritivo, deve ser considerada.

Também como uma área relativamente plana e baixa, a forma em pontal é uma “língua de areia e seixos, de pouca altura, disposta de modo paralelo, oblíquo, ou mesmo perpendicular, à costa e que se prolonga, algumas vezes, sob as águas, em forma de banco [...]” (GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T., 2008, p.500).

Por sua vez, o termo referente às lombadas não possui definição muito clara no dicionário geológico-geomorfológico de Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008), sendo estas definidas “como constituídas por uma série de colinas pequenas, isto é, por uma série de lombas” (GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T., 2008, p.401). No entanto, Cunha e Silveira (1996), que estudaram estas mesmas formas em Pelotas/RS, entendem-nas como caracterizadas por um mesorrelevo irregular.

Essas irregularidades são causadas, principalmente, pelas depressões, que formam pequenas lagoas (olhos d’água), e pela erosão do vento em períodos

passados, que constituem dunas antigas não totalmente aplainadas (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.20).

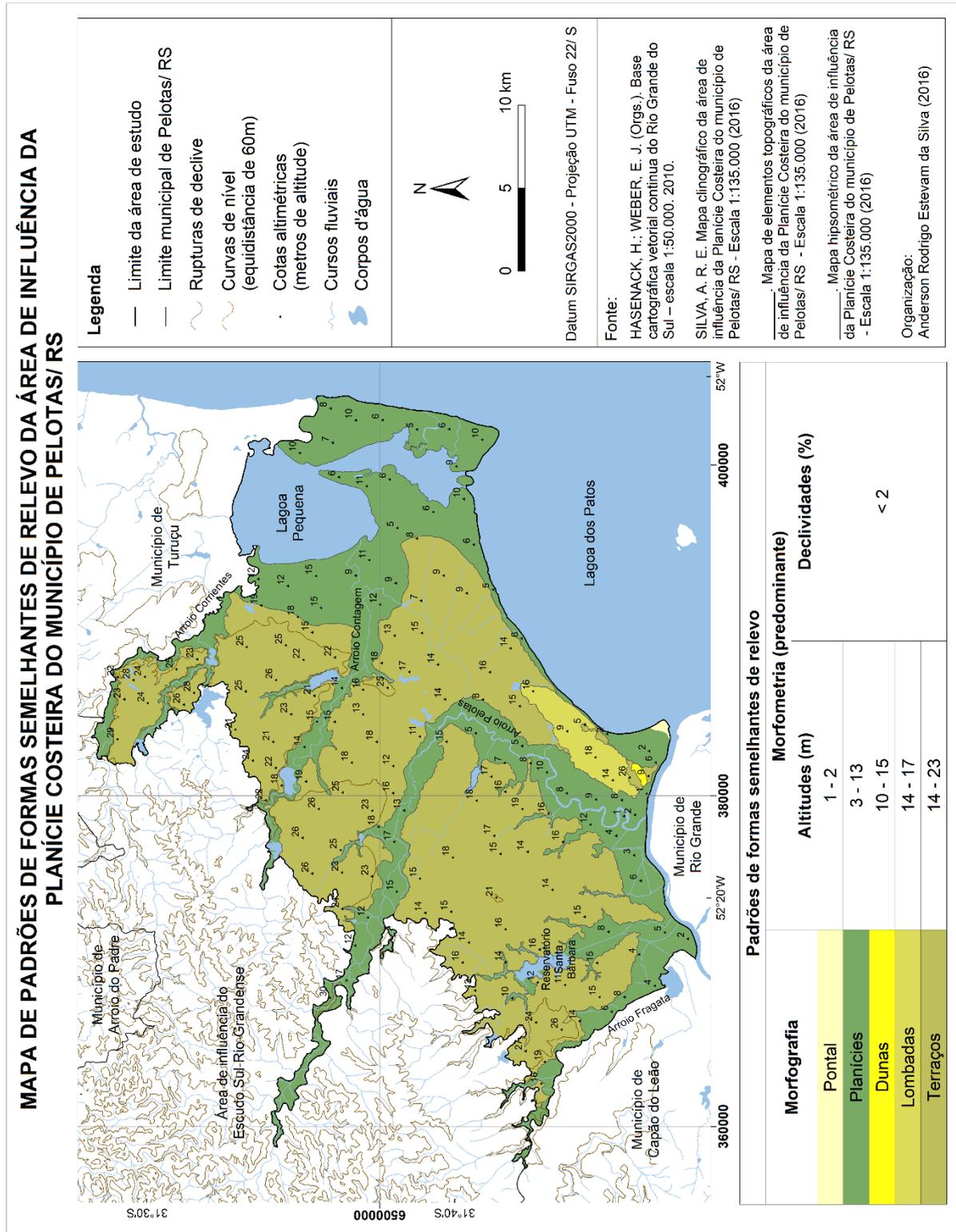
Na área de estudo, as formas de dunas identificadas referem-se aos registros dessas dunas antigas (paleodunas), mas que ainda se encontram de certo modo ativas. Estas formas constituem “montes de areia móveis, depositados pela ação do vento dominante” (GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T., 2008, p.215). Segundo Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008), estas formas podem ser consideradas como dunas continentais, devido ao fato da localização delas ser no interior do continente. Na figura 40, é apresentado o mapa de padrões de formas semelhantes de relevo da área de estudo.

Com base em quantificação realizada e como pode ser observado no mapa da figura 38, o padrão em terraços é o mais distribuído espacialmente, sendo que sua extensão soma mais da metade da área de estudo com 390,02km<sup>2</sup> (59,29%). Menos distribuído, o padrão em planícies ocorre no espaço relativamente mais baixo e predominantemente plano entre os terraços; todavia, este mesmo padrão também ocorre majoritariamente no entorno da Lagoa Pequena, nas margens do Canal São Gonçalo e no baixo curso dos Arroios Fragata, Santa Bárbara (área onde o curso foi retilinizado), Pelotas, Contagem e Corrientes. A área do padrão em planícies corresponde a mais de um quarto da área de estudo com 250,81km<sup>2</sup> (ou 38,13%).

Entre os que menos predominam em área, o padrão em lombadas está situado entre o baixo curso do Arroio Pelotas e a Lagoa dos Patos, e destaca-se com 15,8km<sup>2</sup> (ou 2,4%). No sul da área de estudo e de menor abrangência ainda, estão o padrão em dunas e o padrão em pontal, cuja área, respectivamente, é de 0,62km<sup>2</sup> (0,09%) e 0,6km<sup>2</sup> (0,09%). Os dados de área referentes aos padrões de formas são apresentados na Tabela 4<sup>9</sup> e no Gráfico 8.

---

<sup>9</sup> Cômputo sem a área dos corpos d'água.



**Padrões de formas semelhantes de relevo**

Morfografia	Altitudes (m)	Declividades (%)
Pontal	1 - 2	< 2
Planícies	3 - 13	
Dunas	10 - 15	
Lombadas	14 - 17	
Terraços	14 - 23	

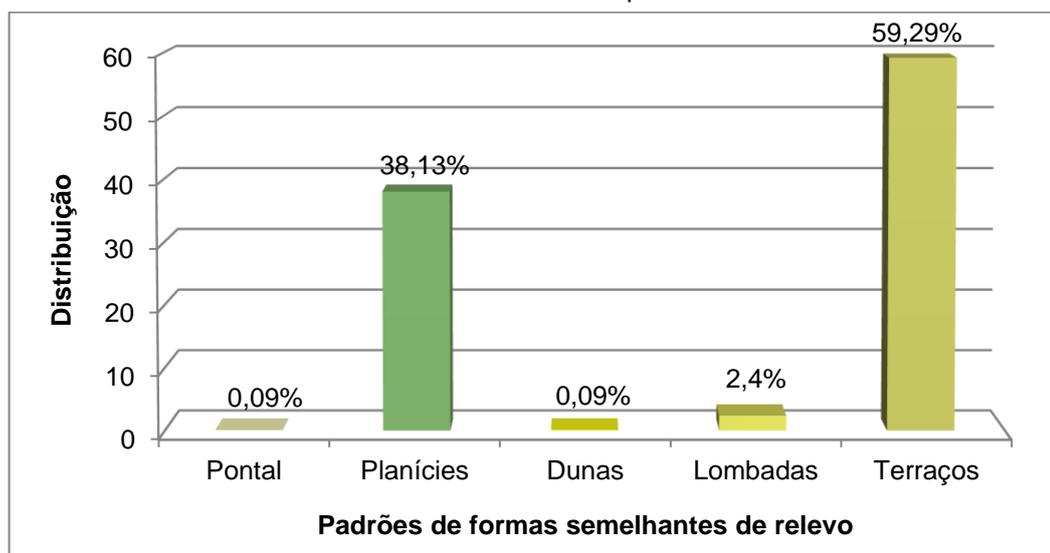
Figura 40 - Mapa de padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS  
 Fonte: AUTOR, 2016.

Tabela 4 - Dimensão da área dos padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS.

<b>Padrões de formas semelhantes de relevo</b>	<b>Área (km²)</b>
Pontal	0,6
Planícies	250,81
Terraços	390,02
Dunas	0,62
Lombadas	15,8
<b>TOTAL</b>	<b>657,8</b>

Organização: AUTOR, 2016.

Gráfico 8 - Distribuição percentual da área dos padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS.



Organização: AUTOR, 2016.

A seguir, são apresentados registros fotográficos (Figura 41, 42, 43, 44 e 45) que auxiliam a compreensão da fisionomia de cada um dos padrões de formas mapeados.



Figura 41 - Pontal.  
 Lat. 31°47'12.60"S e Long. 52°13'23.20"O / Orientação: SSE.  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

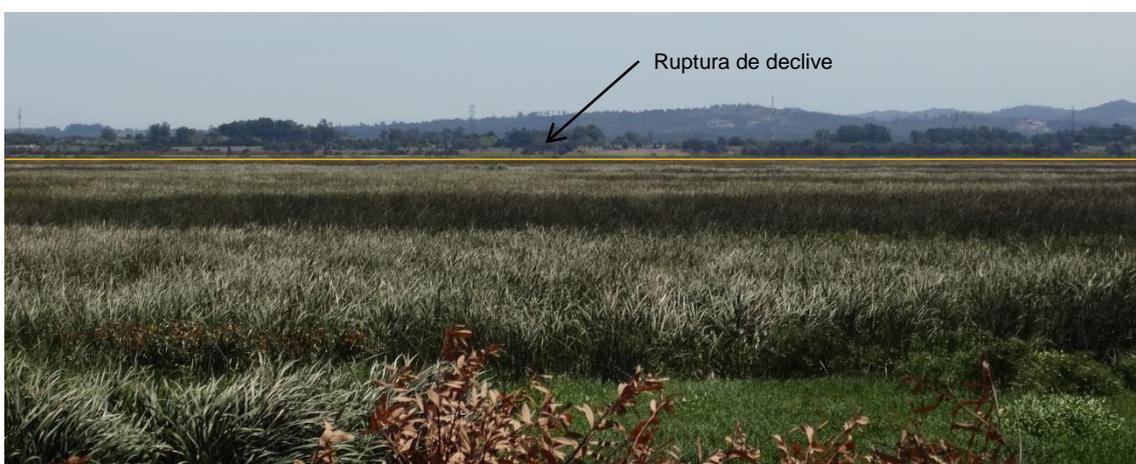


Figura 42 - 1º Plano: planície vista da BR-471. 2º Plano: relevo ondulado de influência do ESRG.  
 Lat. 31°46'53.48"S e Long. 52°21'30.03"O / Orientação: SO.  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.



Figura 43 - Terraço entre o Arroio Fragata (situado a O) e o Arroio Moinho (situado a E).  
 Lat. 31°42'32.02"S e Long. 52°27'32.39"O / Orientação NO.  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.



Figura 44 - Dunas.  
Lat. 31°46'9.25"S e Long. 52°15'34.60"O / Orientação: SE.  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.



Figura 45 - Área de lombadas.  
Lat. 31°44'11.05"S e Long. 52°13'20.49"O / Orientação: NO.  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

A partir dos padrões de formas semelhantes de relevo identificados na área de influência da PCRS no município de Pelotas/ RS, entende-se constituído importante parâmetro para a compartimentação de tipos de formas do relevo quanto a características morfocronológicas e morfogenéticas.

### 3.3.2 Morfocronogêneses: tipos de formas de relevo

A partir do que pode ser indicado do ponto de vista morfogenético e morfocronológico no contexto dos padrões de formas apresentados (pontal, planícies, dunas, lombadas e terraços), resulta a compartimentação do relevo quanto aos seus tipos de formas. Nesse sentido, são importantes as informações referentes à evolução geológica da PCRS. A litoestratigrafia dessa morfoescultura permite compreender a situação têmporo-espacial de sedimentos nela depositados – em razão de glácio-eustatismos quaternários – e que correspondem ao material de origem disponível para a modelagem de formas do relevo. Nessa linha, os solos também servem como fonte de informações genéticas e de deduções cronológicas relativas de formas do relevo, pois simultaneamente são consequência da alteração e alteradores – pela fauna que abrigam – do material de origem sob o condicionamento da morfoclimática pretérita e atual. Portanto, entende-se importante o cruzamento dessas informações devido à contemporaneidade existente entre o arranjo da PCRS e das formas do relevo da área de estudo.

Desse modo, do entrecruzamento dos dados litoestratigráficos e de solos com a morfologia dos padrões de formas mapeados resulta a compartimentação do relevo em treze tipos de formas diferenciadas cronológica e geneticamente, sendo sete referentes ao Holoceno e seis ao Pleistoceno, conforme exposto a seguir.

**Holoceno:** pontal, planície lacustre, planície paludial, planície alúvio-lacustre, planície alúvio-lagunar do São Gonçalo, planície alúvio-lagunar e planície alúvio-coluvionar (~5ka).

**Pleistoceno:** terraço lagunar e terraço alúvio-lagunar (~120ka); duna costeira, lombada costeira, terraço lagunar e terraço alúvio-coluvionar (~325ka).

Na figura 46, pode ser observada a distribuição espacial dessas morfografias por meio do mapa de tipos de formas de relevo da área de estudo.

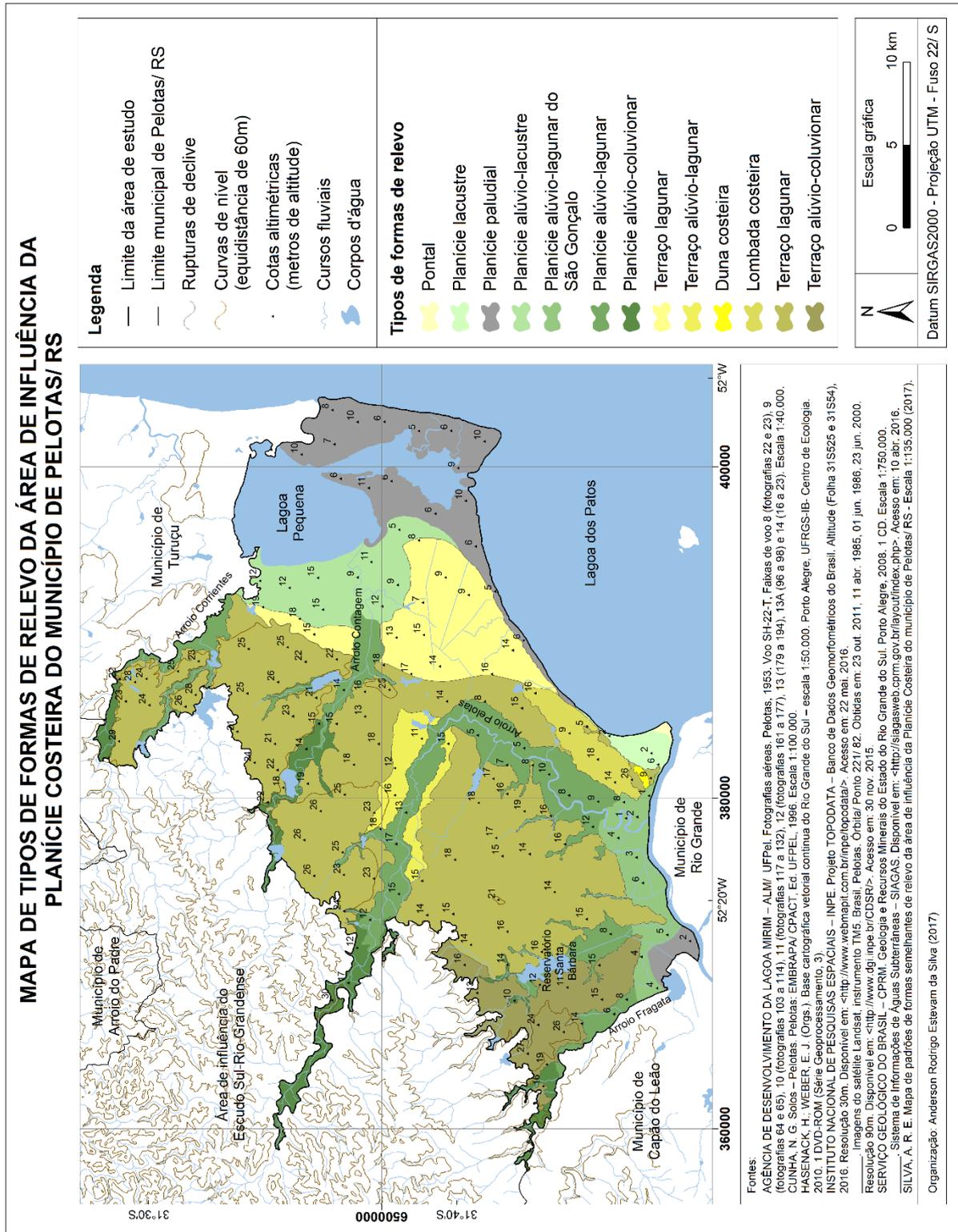


Figura 46 - Mapa de tipos de formas de relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/RS  
 Fonte: AUTOR, 2017.

As informações de litoestratigrafia e solos que possibilitaram a compartimentação de morfografias e morfocronogêneses no contexto dos padrões de formas de relevo são sintetizadas no quadro 10. Neste quadro, também é apresentada

a morfometria dos compartimentos como resultado do detalhamento de dados usados na identificação de padrões de formas.

Quadro 6 - Quadro-síntese de morfologias e morfocronogêneses do relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. (Continua)

Morfocronologia (relativa)			Morfologia (tipo de forma)				Morfogênese		
Era	Período	Época (ka)	Morfografia	Morfometria (predominante)			Litologia (predominante)	Classes de solos (predominante)	
				Área (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)	Declividade (%)			
Cenozoico	Quaternário	Holoceno	presente	Pontal	0,59	1 - 2	Barreira IV	Depósitos: - aluviais; - de planície lagunar.	Gleissolo
				Planície lacustre	6,6	2 - 6		Depósitos: - de praias e cristas lagunares; - de planície lagunar.	Espodossolo Gleissolo Planossolo
				Planície paludial	61,25	6 - 10		Depósitos: - de praias e cristas lagunares; - de planície lagunar; - turfeiras.	Espodossolo Gleissolo Neossolo Organossolo
				Planície alúvio-lacustre	39,49	9 - 12		Depósitos: - aluviais; - de praias e cristas lagunares; - de planície lagunar; - turfeiras.	Espodossolo Gleissolo Planossolo
				Planície alúvio-lagunar do São Gonçalo	23,9	2 - 5		Depósitos: - aluviais; - de praias e cristas lagunares; - de planície lagunar.	
				Planície alúvio-lagunar	88,95	7 - 14		Depósitos: - aluviais; - de planície lagunar; - turfeiras.	Argissolo Gleissolo Neossolo Organossolo Planossolo

Quadro 6 - Quadro-síntese de morfologias e morfocronogêneses do relevo da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS. (Conclusão)

Morfocronologia (relativa)			Morfologia (tipo de forma)				Morfogênese			
Era	Período	Época (ka)	Morfografia	Morfometria (predominante)			Litologia (predominante)	Classes de solos (predominante)		
				Área (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)	Declividade (%)				
Cenozoico	Quaternário	Holoceno	Planície alúvio-coluvionar	30,6	13 - 18	< 2	Barreira IV	Depósitos: - aluviais.	Argissolo Gleissolo Neossolo Planossolo	
								Depósitos: - alúvio-coluviais.		
								- Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado		
	Pleistoceno	11,7 - 5	Terraço lagunar	59,43	9 - 15		Barreira III	Depósitos: - de planície lagunar.	Espodossolo Gleissolo Planossolo	
									Terraço alúvio-lagunar	17,22
		120	Duna costeira	0,62	10 - 15		Barreira II	Depósitos: - eólicos.	Neossolo	
			Lombada costeira	15,75	14 - 17				Depósitos: - praias eólicos.	Argissolo Gleissolo Planossolo
			Terraço lagunar	271,42	15 - 23				Depósitos: - praias eólicos; - de planície lagunar.	
			Terraço alúvio-coluvionar	41,94	12 - 16				Depósitos: - alúvio-coluviais.	
			325							

Fonte: CPRM, 2008; CUNHA, 1996b; ICS, 2016; SANTOS et al., 2013; TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000.

Organização: AUTOR, 2017.

Com base no quadro 10, de maneira geral, a morfologia e morfocronogênese da área de estudo são consequência da sucessão de fases glaciais e interglaciais que promoveram a oscilação do nível relativo do mar e a formação de sistemas deposicionais durante o Período Quaternário. Além disso, há que se considerar o

sistema de leques aluviais alimentados por materiais oriundos da área de influência do ESRG a partir do final do Período Terciário superior (Neogeno) na borda oeste da PCRS (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000) e, por conseguinte, da área de estudo.

A área de estudo é formada por três dos quatro sistemas deposicionais citados no item 3.1.2 (Caracterização geológica da PCRS), sendo eles os de número II, III e IV. O registro desses sistemas corresponde ao nível máximo da transgressão marinha durante o Pleistoceno (Sistemas Laguna-Barreira II e III) e o Holoceno (Sistema Laguna-Barreira IV). Tratam-se, pois, de deposições recentes do ponto de vista do tempo geológico se comparadas suas idades de milhares de anos à da Terra que é de aproximadamente 4,5Ga (ICS, 2016).

### 3.3.2.1 Formas de relevo pleistocênicas

De acordo com Tomazelli & Villwock (2000), o nível máximo do mar em seus eventos transgressivo-regressivos durante o Pleistoceno é observável em depósitos da Barreira II e III que constituem o relevo conformado em terraços ao longo da PCRS. O Sistema Laguna-Barreira II corresponde ao início do isolamento de um corpo lagunar de grandes dimensões que hoje é representado pela Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim (“Sistema Lagunar Patos-Mirim”) (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Segundo Tomazelli & Villwock (2000, p.389),

Durante a rápida transgressão do Sistema II, as águas do corpo lagunar avançaram sobre os sedimentos do Sistema Leques Aluviais, retrabalhando-os e esculpindo um terraço de abrasão que se estende por boa parte da margem oeste da planície costeira. Este terraço, situado entre 18-24 m de altitude, marca a superfície transgressiva deste corpo lagunar.

No contexto de Pelotas, os materiais do Sistema II compõem o pacote sedimentar dos compartimentos de relevo esculpidos em forma de **terraço alúvio-coluvionar**, **terraço lagunar**, **lombada costeira** e **duna costeira** (Figura 46; Quadro 10).

O terraço alúvio-coluvionar possui superfície de 41,94km<sup>2</sup> (5,83% da área de estudo), com altitudes que predominam entre 12 e 16m e declividades menores que 2%. Está localizado na parte SO da área de estudo, entre a planície alúvio-lagunar do Arroio Santa Bárbara e a do Arroio Fragata. É correlacionável espacialmente à Planície Alta mapeada por Cunha (1996). Desse modo, o terraço alúvio-coluvionar

apresenta semelhança de solos com o terraço lagunar da Barreira II (Planossolo e Gleissolo), porém sua litoestratigrafia destaca-se por ser constituída de alúvio-colúvio (CPRM, 2008, 2016). O mapa geológico da CPRM (2008) indica que a litologia de alúvio-colúvio é composta por conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e lamitos maciços, ou com laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada.

De acordo com Tomazelli & Villwock (2000), a formação desses depósitos é estabelecida por um sistema de leques aluviais alimentados pelo ESRG desde o Terciário superior. Conforme estes autores, as fácies proximais desses leques podem apresentar diamictitos sustentados por lamitos maciços que possibilitam supor gênese por fluxo de detritos; as fácies médias e distais comumente apresentam fragmentos de arenito e conglomerados de geometria lenticular (com laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada) que sugerem a migração de formas de leito com provável associação a canais fluviais entrelaçados. Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.154) esclarecem que os conglomerados “constituem prova do abaixamento do nível do mar, ou afundamento de rio”.

No decorrer do Quaternário, após a individualização das lagoas Patos e Mirim, as fácies distais do sistema de leques passaram a ser retrabalhadas pelos agentes hidrodinâmicos do ambiente lagunar. A expressão geomorfológica mais importante deste retrabalhamento foi a formação de terraços escalonados ao longo da rampa deposicional dos leques aluviais. Este terraceamento marca claramente uma resposta às variações de nível dos corpos lagunares como consequência das flutuações quaternárias do nível relativo do mar (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.384).

Na figura 47, observam-se vestígios de afundamento fluvial, cuja causa provável seja o abaixamento do nível marinho.

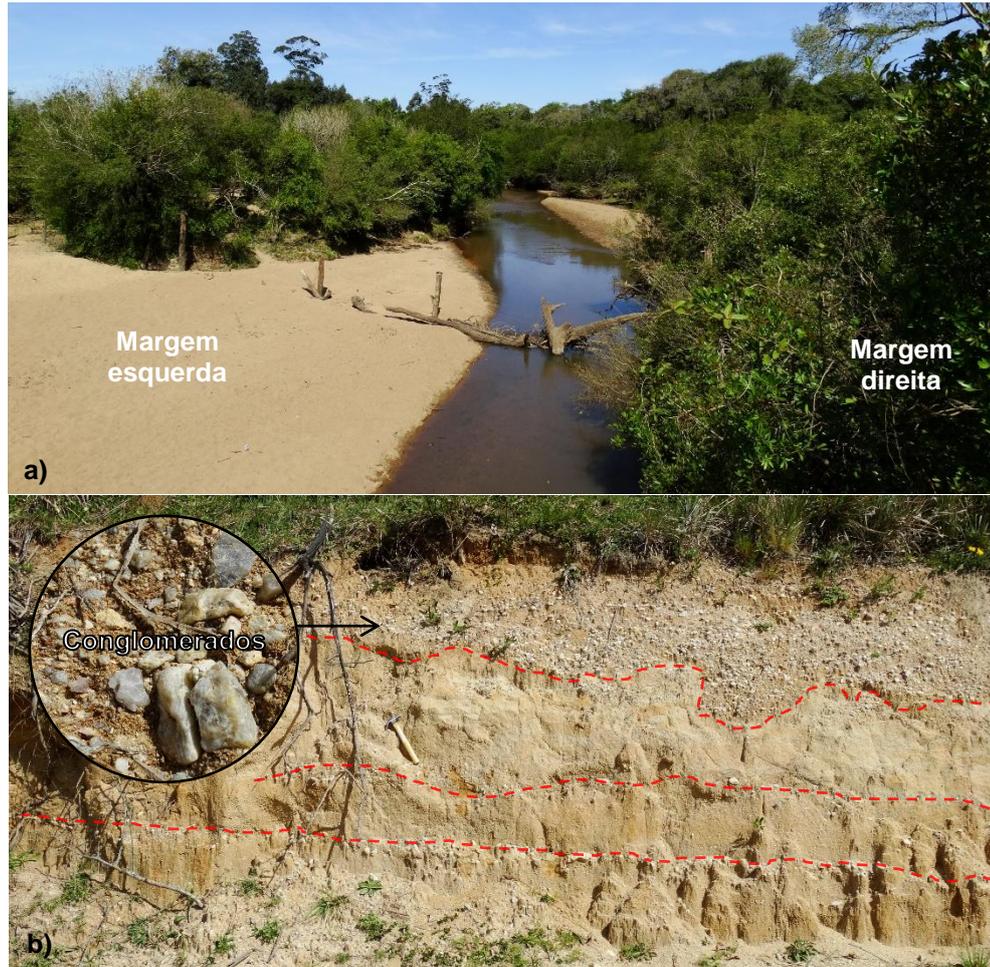


Figura 47 - a) Baixo curso do Arroio Fragata; b) possíveis níveis de base evidenciados no contato (linha tracejada) entre camadas de material exposto em corte de estrada a cerca de 25m da margem direita do Arroio Fragata.  
 Lat. 31°42'50,59"S e Long. 52°28'38,24"O / Orientação: SE  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Com base no mapa da CPRM (2008), os depósitos alúvio-coluvionares não estão associados a nenhuma transgressão-regressão marinha (vide item 3.2.1 – Geologia). No entanto, considerando-se a localização e a predominância de cotas altimétricas entre 12 e 16m do terraço alúvio-coluvionar identificado, é possível supor algum vínculo da cronogênese dessa forma com a elaboração da Barreira II e III, pois foi quando o mar atingiu cerca de 18 a 24m e 8 a 15m, respectivamente, acima do nível atual. A transgressão-regressão seguinte, do Sistema IV, não apresentou potencial para a modelagem de terraços. Neste último evento, o mar teve seu nível elevado em aproximadamente 4 - 5m em relação ao nível atual (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000), do que se entende possível somente o retrabalhamento do contato da borda dos terraços alúvio-coluvionar e lagunar (da Barreira II) com áreas de depressões relativas da Barreira IV (Figura 46). Na figura 48, apresenta-se parte da área do terraço alúvio-coluvionar identificado.



Figura 48 - Área de terraço alúvio-coluvionar.  
Lat. 31°42'2,46"S e Long. 52°25'47,82"O / Orientação: N  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

O terraço lagunar responde pela maior abrangência da área de estudo com 271,42km<sup>2</sup> (37,7%), em boa parte da faixa no sentido centro-noroeste, com altitude predominante entre 15 e 23m e declividade menor que 2%. Sua morfologia e o registro têmporo-espacial da litoestratigrafia que o constitui confirmam se tratar do mesmo terraço de abrasão constatado por Tomazelli & Villwock (2000), composto por depósitos praias eólicos e de planície lagunar (CPRM, 2008).

Em função de marcar a primeira transgressão em Pelotas – com pico há ~325ka – e não sofrer com intenso retrabalhamento de seus materiais no terceiro e quarto pico transgressivo marinho (~120 e ~5ka, respectivamente), os solos desse terraço são melhor desenvolvidos se equiparados aos das formas do Sistema IV. Nessa forma de relevo, predomina o Planossolo eutrófico, com profundidade de pouco mais de um metro e de drenagem imperfeita; porém também ocorrem Argissolo e Gleissolo (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

É correlacionável a maior parte da zona geomorfológica mapeada por Cunha (1996a) sob a denominação de Planície Alta, a qual é caracterizada por este autor como composta de sedimentos pleistocênicos marinhos (material de origem) cobertos por vegetação de gramíneas em sua fase natural. O terraço lagunar da Barreira II é

bastante evidente em alguns locais do centro da cidade de Pelotas, como mostra a figura 49.



Figura 49 - Transição entre os compartimentos de planície alúvio-lagunar do São Gonçalo (1º Plano – Barreira IV) e terraço lagunar (2º Plano – Barreira II) na R. General Teles, centro da cidade de Pelotas.

Lat. 31°46'23,31"S e Long. 52°20'22,90"O / Orientação: ONO

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

As formas de lombada costeira têm uma superfície de 15,75km<sup>2</sup> (2,19% da área de estudo) e estão situadas entre o baixo curso do Arroio Pelotas e a Lagoa dos Patos. À semelhança do que fora mapeado por Cunha (1996a), suas cotas altimétricas predominam entre 14 e 17m e a declividade é menor que 2%. A litoestratigrafia que a compõe é a dos depósitos praias eólicos (CPRM, 2008).

Baseando-se em Cunha e Silveira (1996), entende-se que o solo dominante é o Podzólico vermelho-amarelo plúntico eutrófico (da classe dos Argissolos), o qual é muito profundo, variando de moderado a imperfeitamente drenado, sendo a vegetação referente a gramíneas. De acordo com este mesmo autor, supõe-se que os materiais de origem que compõem estas formas (argilas e areias finas) sejam correspondentes à formação Itapoã/ Narvaez.

Com apoio no mapa da CPRM (2008) e na estratigrafia de alguns poços do SIAGAS (CPRM, 2016), o que se especula enquanto a gênese das lombadas é que essas tenham tido seu princípio evolutivo na definição de uma linha de costa durante o Pleistoceno, haja vista a prevalência de sua litologia – de depósitos praias eólicos

– de modo adelgado no sentido SSE-NNE ao longo de todo o comprimento da área de estudo. Essa localização praticamente divide a área de estudo quase ao meio, definindo de um lado o predomínio do pacote sedimentar da Barreira II e de outro o predomínio dos depósitos da Barreira III e IV (vide Geologia, no item 3.2.1) (Figura 50).



Figura 50 - Área de forma de lombada costeira (Barreira II) e sua ruptura de declive com a forma de planície lacustre (Barreira IV), próximo à Av. Mato Grosso, na localidade do Barro Duro – Laranjal.

Lat. 31°44'7.08"S e Long. 52°12'36.34"O / Orientação: S

Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

Na atualidade, o que se observa na parte oeste das lombadas é que a incisão fluvial, iniciada com a alteração do nível de base após o pico de há ~325ka e acentuada por outros dois eventos transgressivo-regressivos marinhos, definiu com certa nitidez uma descontinuidade de aclave entre esta área relativamente alta e a área deprimida das planícies do Arroio Pelotas e do Canal São Gonçalo. Na parte leste das lombadas, a descontinuidade da topografia em relação à planície lacustre sugere a ação erosiva lagunar durante a evolução da Lagoa dos Patos, pois, até mesmo hoje, são observados avanços desse corpo d'água – em associação ao Canal São Gonçalo – nessa planície em virtude da ocasional mudança na direção dos ventos.

As formas de duna costeira, por sua vez, compreendem 0,62km<sup>2</sup> (0,09% da área de estudo), com altitudes que predominam entre 10 e 15m e declividade menor que 2%. São as formas esculpidas sobre os depósitos mais recentes que constituem

a Barreira II na parte sul da área de estudo. Em função de suas areias quartzosas distróficas (da classe dos Neossolos) serem relativas ao Pleistoceno (CUNHA; SILVEIRA, 1996), essas formas são entendidas por Rosa (1985) como dunas fósseis originadas pelo vento e que indicam a ocorrência pretérita de um clima mais seco. De acordo com este autor, as formas de duna dizem respeito à formação Itapoã e são constituídas por:

[...] areias quartzosas, de granulação fina a média [...], afossilífera, com os grãos bem arredondados e polidos (poucos foscas), recobertos por uma película de óxido de ferro, que dá à Formação uma tonalidade amarelo-alaranjado a avermelhado e que causa, frequentemente, cimentação entre eles (ROSA, 1985, p.52).

Segundo Rosa (1985, p.52), “o ambiente de deposição parece ter sido de costa, em baías arqueadas entre promontórios, a exemplo do que hoje ocorre na costa da Ilha de Santa Catarina”. A coloração avermelhada observável na formação Itapoã é consequência da mais importante modificação pós-deposicional que acresceu ferro aos materiais em afloramento, os quais apresentam coloração branca ou amarela quando lixiviados ou lavados em laboratório (ROSA, 1985) (Figura 51).



Figura 51 - Dunas costeiras da Barreira II localizadas no Laranjal.  
 Lat. 31°46'9,25"S e Long. 52°15'34,60"O / Orientação: SE  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Tendo como parâmetro o decréscimo da altitude alcançada pelas sucessivas transgressões marinhas, apresentadas em Tomazelli & Villwock (2000) e CPRM (2008), o que se deduz é que os materiais dessas dunas tenham sido retrabalhados

pelo vento após a regressão marinha que definiu a Barreira II. Com base na altimetria do mapa de tipos de formas (Figura 46), também se depreende que esses depósitos tenham sofrido algum retrabalhamento quando da atuação do Sistema III, pois se observa altitudes semelhantes para as dunas costeiras (10 - 15m) e os terraços alúvio-lagunares da Barreira III (12 - 16m), os quais são ainda mais interiorizados na área de estudo do que as dunas (Figura 46). Nesse sentido, supõe-se que as lombadas não tenham suas areias afloradas tal como as dunas em função de estarem situadas em superfície mais elevada. Conforme Cunha e Silveira (1996), as lombadas costeiras são caracterizadas por dunas antigas não totalmente aplainadas que apresentam amplitude altimétrica de 10 a 20m.

Com relação ao Sistema Laguna-Barreira III, os depósitos estão bem preservados no presente e estabelecidos ao longo de toda a PCRS; a Barreira resultante corresponde à implantação final do Sistema Lagunar Patos-Mirim (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). Sobre esse Sistema, de acordo com Tomazelli & Villwock (2000, p.390),

[...] a barreira é constituída por fácies arenosas interpretadas como sendo de origem praial e marinho raso, recobertas por depósitos eólicos, dispostas numa sucessão vertical claramente indicativa de um processo progradante (regressivo).

O mesmo autor ainda esclarece que:

A maior parte do Sistema Lagunar III foi ocupada por gigantescos corpos lagunares, precursores do atual Sistema Patos-Mirim. Em sua margem oeste, à semelhança do que ocorreu com o Sistema Lagunar II, a transgressão rápida das águas lagunares foi responsável pela elaboração de um terraço de abrasão (superfície transgressiva) nos depósitos do Sistema de Leques Aluviais, posicionado entre 8-15 m de altitude (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.392).

No âmbito de Pelotas, o modelado correspondente ao Sistema III está conformado em **terraço alúvio-lagunar** e **terraço lagunar** (Figura 46; Quadro 10).

O terraço alúvio-lagunar está situado entre o terraço lagunar da Barreira II e a planície alúvio-lagunar do baixo curso do Arroio Pelotas, na parte central da área de estudo. Abrange 17,22km<sup>2</sup> (2,4% da área de estudo), com altitudes dominantes entre 12 e 16m e declividades menores que 2%. Guarda semelhanças em relação ao que identificaram Tomazelli & Villwock (2000) como superfície de abrasão do Sistema III e ao que indicaram Cunha e Silveira (1996) como Planície Alta Atacada. De acordo com Cunha e Silveira (1996), os solos dessa Planície são parecidos aos da Planície Alta (assim denominada por ele e correlacionável ao terraço lagunar da Barreira II), porém suas texturas são relativamente arenosas e constituídas de muito cascalho. Desse modo, o terraço alúvio-lagunar apresenta Gleissolo e Planossolo, sendo o Gleissolo

predominante em depressões e o Planossolo em partes mais elevadas (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

As partes altas do terreno [do terraço alúvio-lagunar] estão no mesmo nível da Planície Alta [ (terraço lagunar da Barreira II) ], e as partes baixas estão no nível das planícies dos rios [ (planície alúvio-lagunar do Arroio Pelotas) ] ou da Planície Média [ (terraço lagunar da Barreira III) ] (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.25).

Por um lado, a CPRM (2008) indica que a litologia do terraço alúvio-lagunar seja referente a depósitos de planície lagunar, os mesmos que compõem o terraço lagunar da Barreira III. Por outro lado, Cunha e Silveira (1996, p.25) salientam que “o solo formado sugere um aspecto fluvial”.

De cronologia respectiva ao terceiro evento glácio-eustático, pode-se considerar que o terraço alúvio-lagunar apresenta gênese decorrente da alteração do nível de base regional promovido pela regressão marinha na transição da fase interglacial para a glacial, do que resultou a potencialização de processos flúvio-erosivos no aprofundamento de talvegues. Disso também se entende a ocorrência de erosão remontante de afluentes do atual Arroio Pelotas proporcionando a erosão e o transporte de materiais do terraço lagunar da Barreira II para serem depositados no terraço e planície de gênese alúvio-lagunar, pois nessa área “a drenagem é efetivada por depressões fósseis da Planície Alta [terraço lagunar da Barreira II] (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.25)”. Além de Cunha e Silveira (1996), essa dedução fundamenta-se em Tomazelli & Villwock (2000) quando estes explicam que:

A fase regressiva que se seguiu [ao pico transgressivo do Sistema III – ~120ka] atingiu seu máximo há aproximadamente 17 ka. Uma ampla planície costeira ocupava o que hoje é a plataforma continental e o Sistema Lagunar Patos-Mirim estava transformado numa grande planície fluvial, área de passagem dos cursos de água que erodindo depósitos antigos aprofundavam seus vales até chegar à linha de costa situada a aproximadamente 120 m abaixo do atual nível do mar (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000, p.395).

Na figura 52, tem-se o registro de parte do terraço alúvio-lagunar correspondente ao que se pode entender como antigo nível de base do Arroio Pelotas.



Figura 52 - Área de terraço alúvio-lagunar esculpida em sedimentos da Barreira III.  
 Lat. 31°38'6,04"S e Long. 52°14'29,67"O / Orientação: S  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Por seu turno, o terraço lagunar identificado nesta pesquisa é correlato ao que Tomazelli & Villwock (2000) constata e ao que Cunha e Silveira (1996) indicam como Planície Média.

A Planície Média cobre extensa área sedimentar plana ao redor das lagoas dos Patos e Pequena, situada entre a Planície Alta [terraço lagunar da Barreira II], mais antiga, e a Planície Inundável [referente à Barreira IV], de sedimentos recentes (Holoceno). A área está separada da Planície Alta por uma escarpa de declives suaves de cerca de 2 m. A transição para a Planície Inundável é muito gradual. A terra é completamente plana e, normalmente, não tem gradiente para a lagoa dos Patos. Há pouco meso e microrrelevo (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p.26).

Essa forma de terraço compreende 59,43km<sup>2</sup> (8,25% da área de estudo), com altitudes que predominam entre 9 e 15m e declividades menores que 2%. Está situada na parte centro-leste da área de estudo, entre o terraço lagunar da Barreira II e a planície alúvio-lacustre da Barreira IV (Figura 46). É composta por areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções carbonáticas e ferromanganesíferas (CPRM, 2008). Ocorrem Gleissolo e Planossolo, ambos profundos e mal drenados, cobertos por vegetação de gramíneas (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Tomazelli & Villwock (2000) explicam que as concreções carbonáticas comumente ocorrem na região meridional da PCRS, entre os municípios de Rio Grande e Chuí, e formam um calcrete pedogenético ao se concentrarem no horizonte

B dos solos, do que resulta um importante indicador paleoclimático de fases áridas. Conforme Cunha e Silveira (1996), de fato, não são identificáveis tais concreções em Pelotas. Segundo esses autores, o que se observam são poucas concreções de manganês, pequenas e grandes e duras, em horizontes B e C de perfil de solo estudado no Laranjal (Planossolo eutrófico). No entanto, tida em conta a proximidade de Rio Grande a Pelotas e a abrangência da atuação de centros atmosféricos pretéritos – assim como a dos atuais –, independentemente da ocorrência de concreções carbonáticas, confirma-se o mesmo indício paleoclimático para a área de estudo.

Com base em Cunha e Silveira (1996) e Tomazelli & Villwock (2000), entende-se, portanto, que o terraço lagunar resultou da progradação da Barreira III a partir da parte leste da Barreira II, localizada em maior altitude. A morfologia desse terraço indica um contato suave entre o terraço lagunar da Barreira II e as áreas deprimidas da Barreira IV. Na figura 53, tem-se o registro fotográfico de área referente ao terraço lagunar da Barreira III.



Figura 53 - Terraço lagunar esculpido em materiais da Barreira III.  
 Lat. 31°40'58,43"S e Long. 52°09'13,55"O  
 Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2017 – fotografia de Eurico Garcez

No item a seguir, a análise geomorfológica aborda a modelagem holocênica do relevo por ingressão marinha e incisão fluvial nos barramentos pleistocênicos (II e III) em condições de mar alto (eustasia positiva) e mar baixo (eustasia negativa),

respectivamente. Essa modelagem caracterizou a Barreira IV enquanto compartimentos de depressão relativa na qual foram afeiçoadas, majoritariamente, as formas de planície.

### 3.3.2.2 Formas de relevo holocênicas

As formas de relevo do Holoceno decorrem do último glácio-eustatismo e, por isso, apresentam como materiais os sedimentos formados pelo Sistema IV e por deposições alúvio-coluvionares (CPRM, 2008; TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000). No tocante ao Sistema IV, segundo Tomazelli & Villwock (2000, p.392),

O espaço de retrobarreira situado entre a Barreira IV e os sedimentos pleistocênicos da Barreira III, foi ocupado, no pico transgressivo holocênico [com nível do mar de aproximadamente 4 a 5m acima do nível atual e que ocorreu há ~5ka], por grandes corpos lagunares que, acompanhando a posterior progradação da barreira, evoluíram para um complexo de ambientes deposicionais. [...] a ingressão marinha no máximo transgressivo estendeu-se pelos terrenos baixos situados entre os depósitos das barreiras pleistocênicas e o sistema de leques aluviais, restabelecendo mais uma vez o Sistema Lagunar Patos-Mirim [...].

Nesse sentido, diferente da modelagem do relevo em terraços como consequência do desenvolvimento dos Sistemas II e III, o Sistema IV origina em Pelotas o que Cunha e Silveira (1996) nomearam de Zona Inundável. No entendimento de Cunha e Silveira (1996, p.29),

[A Zona Inundável] compreende as terras de sedimentos holocênicos que estão, temporária ou permanentemente, inundadas por água de rios ou lagoas. Essas terras são de imperfeitamente a muito mal drenadas, e os solos são de variáveis condições físicas ou químicas (Humic Gleysol Planic Humic Gleysol, Fluvisol e Histosol). A terra é plana, mas há um forte mesorrelevo. [...]. Muitas partes estão cobertas por mata natural ou por banhados.

Com base nisso, de modo geral, entende-se que essa Zona corresponda a dois tipos de compartimentos de relevo: aqueles que entremeiam as superfícies de abrasão pleistocênicas – referidas por Tomazelli & Villwock (2000) como terraços; e aqueles que comunicam esses patamares aos corpos lagunares (Lagoa dos Patos e Lagoa Pequena) e sangradouros (São Gonçalo e da Lagoa Pequena) (Figura 46). Em virtude dessa generalidade, consideram-se comprovadas localmente as constatações de Tomazelli & Villwock (2000) acerca da localização e do modo de ocorrência da Barreira IV na PCRS.

No contexto da área de influência da PCRS em Pelotas, a compartimentação de tipos de formas de relevo evidencia que a Barreira IV compõe um modelado com feições de **planície alúvio-coluvionar**, **planície alúvio-lagunar**, **planície alúvio-lagunar do São Gonçalo**, **planície alúvio-lacustre**, **planície paludial**, **planície lacustre** e **pontal** (Figura 46; Quadro 10).

Dentre as formas que seccionam os terraços pleistocênicos, destacam-se as planícies de gênese alúvio-coluvionar e alúvio-lagunar. Por um lado, as alúvio-lagunares (somando-se a do São Gonçalo) apresentam 112,85km<sup>2</sup> (15,67% da área de estudo), com altitudes predominantes entre 7 e 14m e declividades menores que 2%. Por outro lado, as alúvio-coluvionares possuem 30,6km<sup>2</sup> (4,25% da área de estudo), com altitudes prevalentes entre 13 e 18m e declividades menores que 2%. Se consideradas em conjunto, essas planícies apresentam amplitude altimétrica de mais de 30m devido ao gradiente do perfil longitudinal (relação entre comprimento e altimetria) dos principais cursos fluviais aos que elas constituem área de influência: Arroios Fragata, Santa Bárbara, Pelotas, Contagem e Corrientes.

Sobre o tamanho da área das formas em planície correspondentes a esses Arroios e seus principais afluentes, bem como ao Canal São Gonçalo, tem-se o exposto no quadro 11.

Quadro 7 - Área de formas em planície por onde escoam os principais cursos d'água de Pelotas.

Curso d'água	Tipo de forma de relevo – Área			
	Planície alúvio-coluvionar		Planície alúvio-lagunar	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Arroio Fragata	4,4	0,61	5,04	0,7
Arroio Santa Bárbara	1,1	0,15	11,03	1,53
Arroio Pepino*	-	-	0,37	0,05
Arroio Pelotas	12,35	1,72	50,87	7,07
Arroio Contagem	9,68	1,34	11,88	1,65
Arroio Corrientes	3,1	0,43	9,76	1,36
Canal São Gonçalo	-	-	23,9	3,32

\*Apesar da área relativamente bem menos extensa, a planície alúvio-lagunar do Arroio Pepino é considerada em virtude de sua localização na área urbana de Pelotas.

Fonte: AUTOR, 2017.

O quadro 11 manifesta a disparidade existente entre a extensão da área de planície alúvio-coluvionar e alúvio-lagunar. Visualmente, o mapa de tipos de formas

de relevo (Figura 46) permite observar esta diferença. De maneira qualitativa, essa desigualdade é elucidada ao longo da análise cronogenética dessas duas planícies.

Sobre a gênese das planícies alúvio-coluvionares, entende-se que a situação espacial destas seja consequência do prenúncio da drenagem atual que se entalhava em zonas friáveis da estrutura do ESRG, constituindo o que Tomazelli & Villwock (2000) caracterizam como leques aluviais coalescentes datados do final do Terciário. Entretanto, haja vista o retrabalho sofrido por esses leques com a formação dos barramentos lagunares e os eustatismos negativos que potencializaram a erosão regressiva, entende-se que os aluviões observáveis hoje sejam recentes, conforme apontam Cunha e Silveira (1996) e CPRM (2008). Os colúvios em associação aos alúvios são característicos desse tipo de forma por conta da declividade das vertentes que caracterizam os vales da estrutura cristalina aflorante. Devido ao efeito da gravidade, Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.149) explicam que:

o material coluvial só aparece no sopé de vertentes ou em lugares pouco afastados de declives que lhe estão acima. No material detrítico, pouco grosseiro, de uma encosta, nem sempre é fácil separarmos a interferência do material colúvio, do residual ou ainda do aluvial.

A partir de aspectos de Geomorfologia Fluvial (CUNHA, 2009), entende-se que as dimensões das planícies alúvio-coluvionares decorram da regressão erosiva de cursos fluviais na estrutura cristalina do ESRG, dado que a competência fluvial tende a aumentar em direção às cabeceiras de drenagem. A irregularidade dos leitos formados pela estrutura aflorante aliada à velocidade do fluxo propicia o turbilhonamento da água e, conseqüentemente, o transporte de materiais não muito bem selecionados como no baixo curso onde predominam os alúvios. Isso, portanto, configura um compartimento de relevo que diminui em largura e aumenta em comprimento de jusante à montante em virtude das variações do potencial flúvio-erosivo.

Em sua maior parte, as planícies alúvio-coluvionares são correlacionáveis às Terras Baixas Fluviais indicadas por Cunha e Silveira (1996, p.29) como as que:

ocorrem junto aos rios principais, cuja bacia hidrográfica vai até a Zona Alta [área de influência do ESRG em Pelotas]. Trata-se de faixas de terra relativamente estreitas, que permanecem inundadas apenas durante um curto período do ano. Estão claramente separadas da Planície Alta (LA) [terraço lagunar da Barreira II e terraço alúvio-coluvionar] ou Planície Média (LM) [terraço lagunar da Barreira III] por uma baixa escarpa (1 a 4 m), assim como da Planície de Inundação, que é coberta por mata e que se situa de 1 a 2 m mais abaixo. Há considerável mesorrelevo, formado por antigos canais fluviais comuns do tipo anastomosado parcialmente colmatados. Os sedimentos, na maior parte, são arenosos.

Segundo Cunha e Silveira (1996), observa-se nesse tipo de forma o predomínio de Neossolo (Flúvico) e Gleissolo, podendo ocorrer também Planossolo.

Nas partes altas, ocorrem o Planic Humic ou Ochric Gleysol, e pode ocorrer, ocasionalmente, o Aquic Ochric Planosol. Ambos os solos têm, normalmente, areia e/ou subsolos cascalhentos (1-2 m de profundidade), com tipificações características da fase fluvial ou da fase costeira.

Nas partes baixas, ocorrem Humic Gleysol ou, menos freqüentemente, Luvic Humic Gleysol. Eles apresentam silte fino ou argila na camada superior e na camada subsuperficial, mas também areia e subsolos cascalhentos (CUNHA; SILVEIRA, 1996, p29).

Desse modo, compreende-se que a origem relativa das planícies alúvio-coluvionares seja antecedente à das planícies alúvio-lagunares, pois as segundas constituem o prolongamento das primeiras no que se refere ao gradiente fluvial e à progradação de barreiras lagunares. Na figura 54, apresenta-se um exemplo da forma de planície alúvio-coluvionar.



Figura 54 - a) relevo em predomínio da área de influência do ESRG em Pelotas; b) planície alúvio-coluvionar do médio curso do Arroio Pelotas afeiçoada entre vertentes inclinadas de litologia cristalina (Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado) que acentuam o efeito da gravidade no transporte de materiais ao sopé das elevações do relevo.

Lat. 31°35'32,27"S e Long. 52°24'41,58"O (b) / Orientação: E (b)

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

A gênese das formas de planície alúvio-lagunar pode ser entendida como fortemente vinculada aos glácio-eustatismos, sobretudo, o final do penúltimo e último evento. A fase regressiva marinha anterior ao último pico transgressivo (Barreira IV), segundo Tomazelli & Villwock (2000), estabeleceu um desnível do mar de aproximadamente 120m (há ~17ka) em relação ao nível atual. Sendo assim, é provável que os cursos d'água tenham aprofundado consideravelmente seus canais a fim de equilibrarem suas taxas de erosão, transporte e deposição antes de serem

invadidos novamente pela água e sedimentos do mar e dos corpos lagunares (restabelecimento do Sistema Lagunar Patos-Mirim) no Holoceno. Dessa maneira, com fundamento em Tomazelli & Villwock (2000), deduz-se que na formação da Barreira IV houve intenso retrabalho de sedimentos para o estabelecimento das planícies alúvio-lagunares mediante o avanço e recuo marinho por entre as áreas de terraço lagunar das Barreiras II e III. Salienta-se mais uma vez que o nível do mar alcançou em torno de 4 a 5m acima do nível atual na última transgressão (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Nesse sentido, a planície alúvio-lagunar é predominantemente composta por depósitos aluviais, de planície lagunar e algumas ocorrências de turfas (CPRM, 2008). As turfas são observáveis em áreas de baixo curso fluvial como, por exemplo, em meandros abandonados do Arroio Pelotas (vide item 3.2.1 – Geologia). Ao se observar a fisionomia do Arroio Pelotas e compará-la à dos Arroios Contagem e Corrientes, supõe-se que os depósitos praias eólicos da Barreira II constituam resistência à erosão do Arroio Pelotas fazendo com que seu curso apresente alteração do sentido de escoamento de ONO-ESE para NE-SO (Figura 46).

À planície alúvio-lagunar são correlatas as zonas de Terras com Matas Fluviais, Planície Baixa Lacustre e Banhados Fluviais, indicadas por Cunha e Silveira (1996).

Do médio para o baixo curso do Arroio Pelotas, na parte central da área de estudo, as Terras com Matas Fluviais são inundáveis durante alguns meses do ano, pois acompanham diretamente o leito principal do Arroio Pelotas; apresentam a predominância de sedimentos arenosos que são retrabalhados ou recobertos a cada ano; seus solos são da classe do Neossolo (Flúvico) e Gleissolo (Húmico) (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

No baixo curso dos Arroios Pelotas e Corrientes, ocorre a Planície Baixa Lacustre. Nesta Zona predomina o Gleissolo, com ocorrências de Planossolo (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Cunha e Silveira (1996, p.33) a descrevem como composta por:

[...] areias, siltes e argilas da formação Aluvião Lagunar, constituindo duas fases; nominalmente, uma mais velha, consistindo de sedimentos da formação Canoa, retrabalhados em condições de água salobra, e outra, mais recente, constituída, originalmente, de sedimentos aluviais com mistura de areias de praias, retrabalhadas em ambiente de água salobra. A terra é plana como um todo, mas, em muitos lugares, há mesorrelevo, devido à presença comum de riachos fósseis e partes baixas com acumulação de areias provenientes de antigos cordões arenosos.

Já os Banhados Fluviais localizam-se na planície alúvio-lagunar dos Arroios Fragata, Santa Bárbara e Contagem. Ocorrem em áreas que ficam inundadas no inverno e molhadas durante boa parte do ano, sendo possível ocorrer turfa de idade recente. Seus materiais de origem referem-se a sedimentos argilosos aluviais e turfas recentes. Predomina o Gleissolo (Húmico), Organossolo e Neossolo (Flúvico) (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Na figura 55, registra-se o tipo de forma de planície alúvio-lagunar.



Figura 55 - Parte da planície alúvio-lagunar de afluentes do Arroio Contagem.  
Lat. 31°35'15,44"S e Long. 52°11'47,73"O / Orientação: N  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Quanto à forma de planície alúvio-lagunar de influência do São Gonçalo, esta está situada no sul da área de estudo compondo o baixo curso dos Arroios Pelotas, Pepino, Santa Bárbara e Fragata. Suas altitudes variam predominantemente entre 2 e 5m. A litoestratigrafia é semelhante à da forma de planície alúvio-lagunar influenciada pelos cursos fluviais, sendo constituída por depósitos aluviais, de praias e cristas lagunares e de planície lagunar (CPRM, 2008). Com base em Simon (2007) e Tomazelli & Villwock (2000), a evolução dessa planície está atribuída à colmatagem da Lagoa Mirim devido à deposição sedimentar efetivada pelo restabelecimento do Sistema Lagunar Patos-Mirim e pela dinâmica fluvial de cursos com foz no Canal São Gonçalo. Para a identificação dessa descontinuidade entre a planície alúvio-lagunar e

a alúvio-lagunar do São Gonçalo o mapeamento de Cunha (1996a, 1996b) foi fundamental. Para Cunha e Silveira (1996, p.34):

A Planície de São Gonçalo forma a parte principal da planície de inundação do Canal de São Gonçalo, estando separada da Planície Alta [terraço lagunar da Barreira II e terraço alúvio-coluvionar] ou Média [terraço lagunar da Barreira III] por uma escarpa, que, neste caso, tem vários metros de altura. A terra é inundada no inverno, mas seca no verão. Há pouco ou nenhum mesorrelevo. Os sedimentos, na maioria, são silte ou argila, no lado sul, e silte ou areia no lado norte. São de épocas recentes a sub-recentes, aparentemente depositados, em grande parte, sob condições de sedimentação em água salobra. A atual sedimentação, em condições de água doce, tem alguma importância. O material de origem são, predominantemente, sedimentos arenosos da formação Aluvião Lagunar. A terra é plana e apresenta meso ou microrrelevo.

O solo predominante é o Gleissolo (Húmico e pouco Húmico Solódico), mas também ocorrem Planossolo e Organossolo (CUNHA, 1996). Na figura 56, visualiza-se parte dessa planície alúvio-lagunar influenciada pelo São Gonçalo.



Figura 56 - Planície alúvio-lagunar em área de influência do Arroio/ Lagoa Fragata e Canal São Gonçalo, próximo à cidade de Pelotas.

Lat. 31°45'53,88"S e Long. 52°23'9,43"O / Orientação: NNE

Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Com relação aos tipos de formas de relevo que não seccionam os terraços pleistocênicos, destacam-se a **planície alúvio-lacustre**, **planície paludial**, **planície lacustre** e **pontal** (Figura 46).

A planície alúvio-lacustre possui 39,49km<sup>2</sup> (5,48% da área de estudo), com altitudes que dominam o intervalo de 9 a 12m e declividades menores que 2%. Está localizada na parte centro-nordeste da área de estudo, entre a Lagoa Pequena e o

terraço lagunar correspondente à Barreira III. De maneira clara, sua morfologia e localização evidenciam-se influenciadas pela Lagoa Pequena e pelo terraço lagunar da Barreira III no contexto do evento transgressivo-regressivo marinho que organizou a Barreira IV.

Conforme o IBGE (2009), a planície fluviolacustre, nesta pesquisa denominada de planície alúvio-lacustre, é entendida como uma:

Área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre, podendo comportar canais anastomosados, paleomeandros (oxbow lakes) e diques marginais. Ocorre em setores sob o efeito de processos combinados de acumulação fluvial e lacustre, sujeitos a inundações periódicas com barramentos, formando os lagos (IBGE, 2009, p.33).

A acumulação lacustre refere-se aos “depósitos detríticos ou de restos orgânicos acumulados em antigos lagos” (GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T., 2008, p.369).

Nessa direção, o que se verifica na feição mapeada são depósitos aluviais, de praias e cristas lagunares, de planície lagunar e turfeiras (CPRM, 2008). Os mapeamentos de Cunha (1996a, 1996b) corroboram o caráter alúvio-lacustre identificado. Este autor identifica no mesmo local o que nomeia como Planície Baixa Lacustre, caracterizando-a como formada pelo predomínio de Gleissolo, fase salina, profundo e pobremente drenado, com ocorrências de aparente inclusão de *Humic* ou *Ochric Gleysol* (Gleissolo), semelhantes ao outro Gleissolo dominante. A vegetação é densa e constituída por gramíneas fibrosas de várias espécies: nas partes baixas, há vegetação semi-aquática; nas partes altas, ocorrem gramíneas mais fibrosas (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Com base nessas informações e no que se observa a campo, depreende-se que a planície alúvio-lacustre resulte da simultânea progradação da Barreira IV e deposição de alúvios oriundos dos Arroios Contagem e Corrientes, que hoje desaguam na Lagoa Pequena. Há que se considerar também que o acréscimo de alúvios à jusante, na referida planície, supõe o reajuste basal realizado pelos Arroios a fim de equilibrarem-se quanto a seus processos fluviais – de erosão, transporte e deposição –, haja vista referência feita por Tomazelli & Villwock (2000) sobre uma estabilização temporária (*highstand*) no final do evento transgressivo holocênico.

Intui-se que ao acompanhar o decréscimo altimétrico do relevo, o recuo gradual da água do mar definia lagos influenciados por um lençol freático ainda alto e evidenciava superfícies relativamente mais altas que as adjacentes a leste. Com efeito, é possível verificar que embora a planície alúvio-lacustre apresente turfeiras, a

sua gênese não é intrínseca à oscilação do lençol freático tal como ocorre em partes baixas do ambiente paludial que circunda a Lagoa Pequena na atualidade. Além disso, observa-se que o terraço lagunar da Barreira III associado ao pico do mar no Holoceno condicionou os limites da planície alúvio-lacustre, que se coalesceu à planície alúvio-lagunar do Contagem e Corrientes.

Na figura 57, observa-se um compartimento de relevo em forma de planície alúvio-lacustre.



Figura 57 - Planície alúvio-lacustre nas proximidades à Lagoa Pequena.

Lat. 31°35'14,61"S e Long. 52°08'12,36"O

Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2017 – fotografia de Aldir Pollnow

A planície paludial abrange 61,25km<sup>2</sup> (8,51% da área de estudo), com altitudes que prevalecem entre 6 e 10m. A altitude baixa e a declividade quase nula atrelada à proximidade ao Canal São Gonçalo e às Lagoas Pequena e Fragata dão mostras das condições geomorfológicas para o encharcamento característico de áreas onde o lençol freático é alto.

Corrêa et al. (2015) apresentam o desenvolvimento de turfeiras em quatro estágios, conforme a figura 58. A sequência da formação é a seguinte: deposição paulatina de detritos vegetais em uma depressão qualquer, como um lago (I); diminuição da profundidade da depressão devido ao acúmulo de detritos vegetais, o que permite a invasão de vegetação marginal: gramíneas, ciperáceas, juncos e por último arbustos e árvores (II e III); havendo a elevação repentina do nível da água, por subsidência da área, podem reaparecer plantas inferiores às árvores, iniciando-se nova formação de turfa (IV). Entre os estágios III e IV, a conversão dos restos vegetais

cobertos por água em turfa inicia-se com a transformação do lago em pântano (CORRÊA et al., 2015).

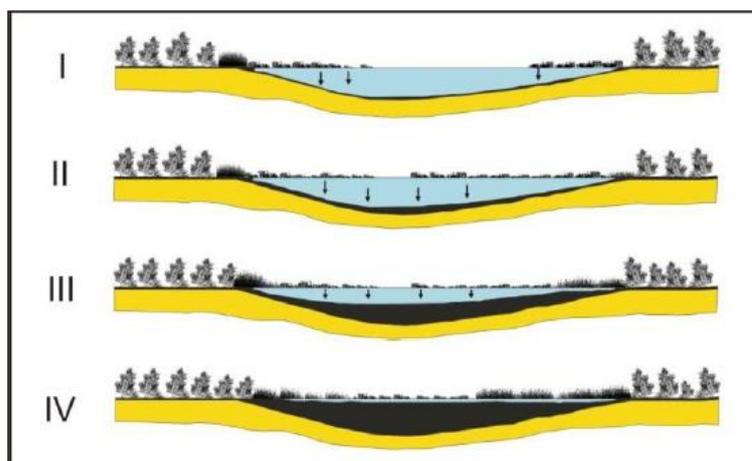


Figura 58 - Estágios evolutivos de turfeira em depressão de planície de inundação.

Fonte: CORRÊA et al., 2015.

Na área de estudo, a litoestratigrafia refere-se a depósitos de praias e cristas lagunares, de planície lagunar e de turfeiras – as quais não se caracterizam por serem homogêneas, mas intercaladas ou misturadas com areia, silte e argila, localmente com diatomito (CPRM, 2008). Caracterizados os tipos de solo, a planície paludial mapeada encontra-se descontinuada em outras duas zonas geomorfológicas indicadas por Cunha e Silveira (1996): Banhados Lacustres Baixos e Banhados Marginais da Lagoa dos Patos.

Os Banhados Lacustres Baixos correspondem à área situada entre a Lagoa Fragata e o Canal São Gonçalo, assim como em parte da margem da Lagoa Pequena. Nesta Zona, ocorrem Organossolos e Gleissolo. Os Banhados Marginais da Lagoa dos Patos referem-se, como o nome expressa, à boa parte da margem da Lagoa dos Patos. Esta Zona tem características semelhantes aos outros Banhados, sendo que nela ocorre Gleissolo muito mal drenado, com camada orgânica de material turfoso (20% de carbono), de 20cm de espessura; as camadas de argila e areia franca apresentam-se com alta salinidade (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Desse modo, entende-se que a evolução da planície paludial na área de estudo tenha ocorrido quando da progradação da Barreira IV que permitiu a emersão parcial de terrenos às margens de corpos d'água lagunares e fluviais. Além disso, pode-se deduzir que, conforme Corrêa et al. (2015), a formação da turfa tenha ocorrido com a elevação repentina da água por subsidência da área. A campo o que se verifica é que a formação da turfa está vinculada à oscilação periódica do lençol freático quando de

cheias das Lagoas e cursos fluviais, o que permite o predomínio de plantas melhor adaptadas ao meio aquático, como se visualiza na figura 59.



Figura 59 - Planície paludial à margem da BR-471.  
 Lat. 31°46'53,48"S e Long. 52°21'30.03"O / Orientação: SO  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

A planície lacustre compreende 6,6km<sup>2</sup> (0,92% da área de estudo), com domínio de altitudes entre 2 e 6m e declividade menores que 2%. Está em contato com o Canal São Gonçalo e a Lagoa dos Patos, entre a forma de pontal e lombada costeira, no sul da área de estudo onde se situa boa parte do Laranjal e pequena parte do Barro Duro.

Essa planície é composta por depósitos de praias e cristas lagunares e de planície lagunar (CPRM, 2008). Tem semelhanças ao que Cunha (1996a) identificou como Traços de Praia Lacustres. A partir da gênese desses Traços explicada por Cunha e Silveira (1996) compreende-se o modo como se deu a reorganização do Sistema Lagunar Patos-Mirim no último glácio-eustatismo na área de estudo. Segundo Cunha e Silveira (1996, p.36),

Aparentemente, os Traços de Praia formaram-se em períodos do Holoceno Antigo, quando a carga de sedimentos dos rios era insignificante, as lagoas estavam em ampla e aberta ligação com o oceano (através do São Gonçalo e do Taim) e, também, existiam fortes correntes lacustres. O material de origem são sedimentos arenosos de dunas. A terra, como um todo, é plana, mas há muito mesorrelevo devido à presença de ondulações paralelas e depressões. Na parte baixa, as depressões formam canalizações, que são, parcialmente, alagadas. Os cordões arenosos formam as partes altas e centrais irregulares, com vegetação mais rala.

Apesar da proximidade ao Canal São Gonçalo e à Lagoa dos Patos, não se trata de um ambiente paludial. No inverno, essa planície encontra-se saturada por água em superfície, mas bem drenada no verão (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Nas partes altas predomina o Espodossolo, profundo, de moderadamente bem a mal drenado; nas partes baixas, o Gleissolo, muito mal drenado.

Conforme Tomazelli & Villwock (2000), a insignificante carga de sedimentos fluviais apontada por Cunha e Silveira (1996) deveu-se à estabilização temporária no final do evento transgressivo, que promoveu a retenção da carga arenosa dos rios em corpos lagunares (Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim) localizados na retrobarreira de barramentos pleistocênicos. Estes autores também esclarecem que em virtude do pouco suprimento de aluviões, seja provável que a progradação da Barreira IV tenha ocorrido pelo fornecimento de areias de antepraia. Na figura 60, observa-se o relevo afeiçoado em planície lacustre.



Figura 60 - Planície lacustre.

Lat. 31°46'34,22"S e Long. 52°13'34,64"O / Orientação: SO

Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

Por fim, a forma de pontal possui somente 0,59km<sup>2</sup> (0,08% da área de estudo), com altitudes variando predominantemente entre 1 e 2m, e declividade praticamente nula. Ao sul e ao leste prevalece seu contato com o Canal São Gonçalo e a Lagoa dos Patos, respectivamente. Apresenta descontinuidade com a planície lacustre a oeste e a norte. Essa forma é conhecida pelo topônimo de Pontal da Barra.

Sua litoestratigrafia é formada por alúvios e depósitos de planície lagunar (CPRM, 2008). Correlaciona-se ao que Cunha e Silveira (1996) definem como Banhados Marginais da Lagoa dos Patos e, por conseguinte, é pedologicamente semelhante à planície paludial. Desse modo, o solo dominante é o Gleissolo, muito mal drenado. No geral, seu material de origem diz respeito a argilas e areias da formação Aluvião Lagunar (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

A má drenagem decorre da baixa declividade e altitude que impedem o fluxo da água por gravidade. A ocorrência de aluviões na borda convexa do pontal permite especular o aumento do aporte de sedimentos fluviais atrelado ao aprofundamento de canais iniciada com a regressão marinha no Holoceno. Além de contribuírem para a colmatagem do Sistema Patos-Mirim (SIMON, 2007) e a formação de planícies alúvio-lagunares e paludiais, esses sedimentos podem ter sido transportados em suspensão pelo Canal São Gonçalo e depositados junto a outros de origem lagunar que compõem o pontal. Na figura 61, apresenta-se parte da forma do pontal.



Figura 61 - Área de relevo afeiçoado em pontal, no Pontal da Barra.  
 Lat. 31°47'12,60"S e Long. 52°13'23.20"O / Orientação: NE  
 Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

De posse do entendimento das morfocronogêneses, tem-se orientações para apreender processos evolutivos das formas de relevo no tempo atual e a importância dessas no condicionamento de usos da terra. Portanto, a fim de que se compreendam

aspectos socioambientais, torna-se importante a análise da atuação antrópica nos tipos de formas identificados.

### 3.3.3 Morfodinâmicas: processos ativos em tipos de formas de relevo

As morfodinâmicas dizem respeito aos processos exógenos e endógenos que seguem alterando as formas de relevo na atualidade (FLORENZANO, 2008a). Neste contexto, a ação antropogênica define-se enquanto fator intensificador da alteração do modelado terrestre ao contribuir para a definição do que Ross (1992) nomeia, no sexto táxon que propõe, de “formas de processos atuais” – sulcos, voçorocas, depósitos tecnogênicos etc. As externalidades, mais negativas do que positivas, da complexificação técnica de aglomerados urbanos e de práticas agropecuárias demonstram essa evidência. De acordo com Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2008, p.317), “erosão antropogenética é também sinônimo de *erosão acelerada*”.

[A erosão acelerada é] realizada na superfície terrestre pela intervenção humana e seres vivos, em geral, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É o aceleração da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamento, cortes de barrancos em estradas etc. (GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T., 2008, p.230).

Entre os fatores que controlam a intensidade da erosão, cita-se a estrutura geológica e a litologia; erosividade da chuva (variáveis: distribuição e intensidade; erodibilidade do solo); morfografia e morfometria de vertentes; cobertura vegetal (tipo e densidade); e uso da terra (tipo, densidade e manejo) (FLORENZANO, 2008a). Tais fatores são condicionados, quanto a seu tipo e intensidade, por variáveis morfológicas do relevo: forma, declividade, orientação e extensão de vertentes (FLORENZANO, 2008a). Destaca-se, porém, que a orientação e extensão de vertentes não preponderam como condicionantes de morfodinâmicas do relevo da área de estudo devido à baixa declividade que o caracteriza.

### **3.3.3.1 Processos ativos em tipos de formas de relevo e impactos ambientais associados da área rural**

A área rural, assim entendida com base nos limites do distrito sede, abrange predominantemente a porção centro-nordeste da Planície Costeira de Pelotas, com cerca de 525km<sup>2</sup> (73% da área de estudo). Sua maior parte, situa-se no distrito da Colônia de Pescadores Z-3, e o restante compreende os distritos de Cerrito Alegre, Monte Bonito, Quilombo e Cascata. Estes últimos quatro distritos possuem o Arroio Pelotas como limite físico-natural entre si.

Os tipos de formas de relevo que compõem este espaço do município são os terraços lagunares, terraço alúvio-lagunar, lombada costeira e as planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar, alúvio-lacustre e paludial. Predominam rizicultura e pastagem (cobertura herbácea), com ocorrências significativas de silvicultura.

A rizicultura, silvicultura e pastagem recobrem predominantemente os terraços lagunares e alúvio-lagunar. Rizicultura e pastagem também ocorrem na planície alúvio-lacustre, sendo que a pastagem predomina na lombada costeira e na planície paludial. Na faixa de transição do terraço lagunar da Barreira III com a planície paludial, está situada a área urbana da Colônia de Pescadores Z-3. Já a mata nativa (mata ciliar) ocorre em planícies alúvio-coluvionares e alúvio-lagunares. Entretanto, nas planícies alúvio-lagunares também se identificam pastagem de áreas úmidas em meandros abandonados e rizicultura.

Na prática agrícola intensiva, como a que ocorre na maior parte da área de estudo (contexto rural), geralmente o solo fica exposto desde a colheita até o seu preparo para o próximo plantio. Nesta circunstância, as chuvas intensas são as que mais causam impacto no solo exposto, e os picos das chuvas de longa duração eventualmente saturam o solo (NETTO, 2007). O terreno descoberto, seja por colheita ou desmatamento, apresenta desestabilização dos agregados do solo, pois a retirada da vegetação diminui a quantidade de húmus produzido por plantas e animais (GUERRA; MENDONÇA, 2014). Desse modo, o solo exposto pode ser entendido como de capacidade de infiltração mais limitada em relação a solos florestados. Isso se deve à compactação pelo impacto da chuva e selagem de poros por partículas finas deslocadas pelo salpico das gotas de chuva (NETTO, 2007), o que acarreta na potencialização de processos erosivos.

Para o caso da área de estudo, cuja morfologia do relevo é de altitudes e declividades baixas, predomina o processo de erosão laminar em que o escoamento superficial é difuso (fluxo não concentrado). Segundo Paul e Werlang (2012), devido à dificuldade de a erosão laminar ser constatada a curto prazo, torna-se possível a perda de grande quantidade de solo até que se perceba a ação erosiva. Dessa forma, para estes autores, esse tipo de erosão pode ser entendida como uma das mais degradantes ao retirar considerável parte superficial do solo, pois causa a degradação da estrutura física do solo e a perda de sua fertilidade natural mediante o carregamento de nutrientes e matéria orgânica.

Em áreas relativamente altas, onde predominam os terraços lagunares e as lombadas costeiras, domina a ocorrência de Planossolo (CUNHA, 1996). Conforme Santos et al. (2013), o Planossolo varia de imperfeitamente a muito mal drenado e seu horizonte B é de alta concentração de argila, definindo permeabilidade lenta ou muito lenta. O que se tem é um lençol suspenso que, segundo Cunha e Silveira (1996), ocorre de 4 a 12m de profundidade, com possibilidade de ser elevado quando de irrigações contínuas. Devido à concentração de argila no horizonte B, o lençol freático elevado pode, por capilaridade, apresentar risco de salinização e alcalinização por lixiviação (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Assim, as limitações à capacidade do uso agrícola são inerentes ao solo e à drenagem, sem suscetibilidade à erosão (CUNHA; SILVEIRA, 1996) – de tipo linear.

Nas áreas relativamente baixas, onde estão afeiçoadas formas de planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar, alúvio-lacustre e paludial, os solos apresentam-se ainda mais influenciados pela surgência do lençol freático, que pode ser periódica ou, até mesmo, permanente.

Nas planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar e alúvio-lacustre, predominam Gleissolo (pouco Húmico e Húmico) e Neossolo (Flúvico) (CUNHA, 1996). Conforme Cunha e Silveira (1996), nessas áreas, as terras não seriam aptas para cultivos aráveis em função da vulnerabilidade a inundações e da dificuldade para a irrigação. Entretanto, atualmente, observa-se que os cultivos de arroz e soja têm sido possíveis nesses compartimentos do relevo. Na margem oeste da Lagoa Pequena, inclusive visualizam-se quadras de arroz irrigado. Santos et al. (2013) descrevem os Gleissolos como permanente ou periodicamente saturados por água, mas que podem ser artificialmente drenados. Já os Neossolos, no caso o Flúvico, seriam terras inundadas ao longo dos rios e de composição muito arenosa (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Por outro lado, os banhados permanentemente alagados da planície paludial impossibilitam qualquer uso agrícola (CUNHA; SILVEIRA, 1996). Seu uso, de acordo com Cunha e Silveira (1996), pode ser feito mediante atividades voltadas à recreação e ações de proteção à fauna e à flora. Nesta forma de relevo, predominam os Organossolos (CUNHA, 1996), os quais se caracterizam por forte hidromorfismo de ambientes onde as condições anaeróbicas restringem a mineralização da matéria orgânica e limitam a pedogênese, levando à acumulação de restos vegetais (SANTOS et al. 2013). De acordo com Santos et al. (2013, p.100), “a drenagem desses solos para fins agrícolas ou outros conduz ao processo de subsidência e acelera a decomposição da matéria orgânica, promovendo a sua degradação”.

De igual modo que o Planossolo, tanto o Gleissolo como o Neossolo apresentam limitações ao uso agrícola inerentes ao tipo do solo e à drenagem, sem suscetibilidade à erosão (CUNHA; SILVEIRA, 1996) – de tipo linear. Na figura 62 (a, b, c), há alguns exemplos do que foi enunciado.



Figura 62 - (a, b, c) Registro e breve descrição de processos ativos em formas de relevo da área rural.

Em consequência do pastoreio às margens de cursos fluviais, verificam-se processos erosivos em caminhos preferenciais de animais, conforme mostra a figura 63a. Também em função do pisoteio de considerável número de animais, pode-se supor o aumento da densidade do solo e, por conseguinte, do escoamento superficial difuso, como registrado na figura 63b.



Figura 63 - (a, b) Registro e breve descrição de processos resultantes do pisoteio de animais.

Na área de estudo, o solo exposto não decorre somente das práticas agrícolas e pecuárias, mas também de obras rodoviárias. Neste contexto, há que se atentar para o fato de que a interrupção das obras de duplicação da BR-116, no trecho Pelotas-Porto Alegre, é hoje o principal motivo para o desenvolvimento de formas de processos atuais. As formas caracterizam-se por sulcos e ravinas, com potencial ao estabelecimento de voçorocas onde os declives de cortes do terreno são mais acentuados, pois em muitos locais a fitoestabilização dos barrancos é ineficiente, e em outros sequer foi iniciada. Ademais, em razão de os materiais tecnogênicos não apresentarem as características de estabilidade próprias de um solo – mesmo que exposto –, sua exposição às intempéries de um clima quente e úmido propicia o agravo das erosões e o carreamento de materiais a canais fluviais, com possibilidade

de assoreamento em virtude da diminuição da competência fluvial dos cursos na planície, conforme mostra a figura 64 (a, b, c).



Figura 64 - (a, b, c) Registro e breves descrições de processos erosivos ativados pela obra de duplicação da BR-116.

Em estradas não pavimentadas identifica-se a potencialidade para os processos pluvioerosivos às margens das vias e o carreamento ainda maior de sedimentos para os canais fluviais, que podem resultar da falta de canalização adequada para o escoamento da água da chuva e de fitoestabilização de barrancos. Na figura 65 (a, b), são apresentadas algumas dessas morfodinâmicas.



Figura 65 - (a, b) Registro e breve descrição de processos erosivos em estradas não pavimentadas.

Na transição entre a planície paludial e o terraço lagunar da Barreira III, o crescimento do aglomerado urbano da Colônia de Pescadores Z-3 altera os processos morfodinâmicos de maneira sensível. De acordo com Delamare et al. (2015) e com observações feitas a campo, as modificações são evidentes tanto em cursos fluviais como na linha de costa lagunar, com destaque para a retinização e transposição do canal Reasilva (Arroio Sujo), construção de arruamentos e estradas e construção de atracadouros para barcos de pesca (Divinéia I e Divinéia II). Além disso, observam-se aterramentos e a construção de molhes que dão acesso aos atracadouros, conforme apresenta a figura 66.



Figura 66 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em forma de planície paludial e terraço lagunar resultantes de intervenções antrópicas – Colônia de Pescadores Z-3.

Por fim, também se identifica a alteração de morfodinâmicas decorrentes de construção de estrada de acesso a moradias na planície alúvio-lagunar do Arroio Pelotas, como expõem a figura 67 (a, b).

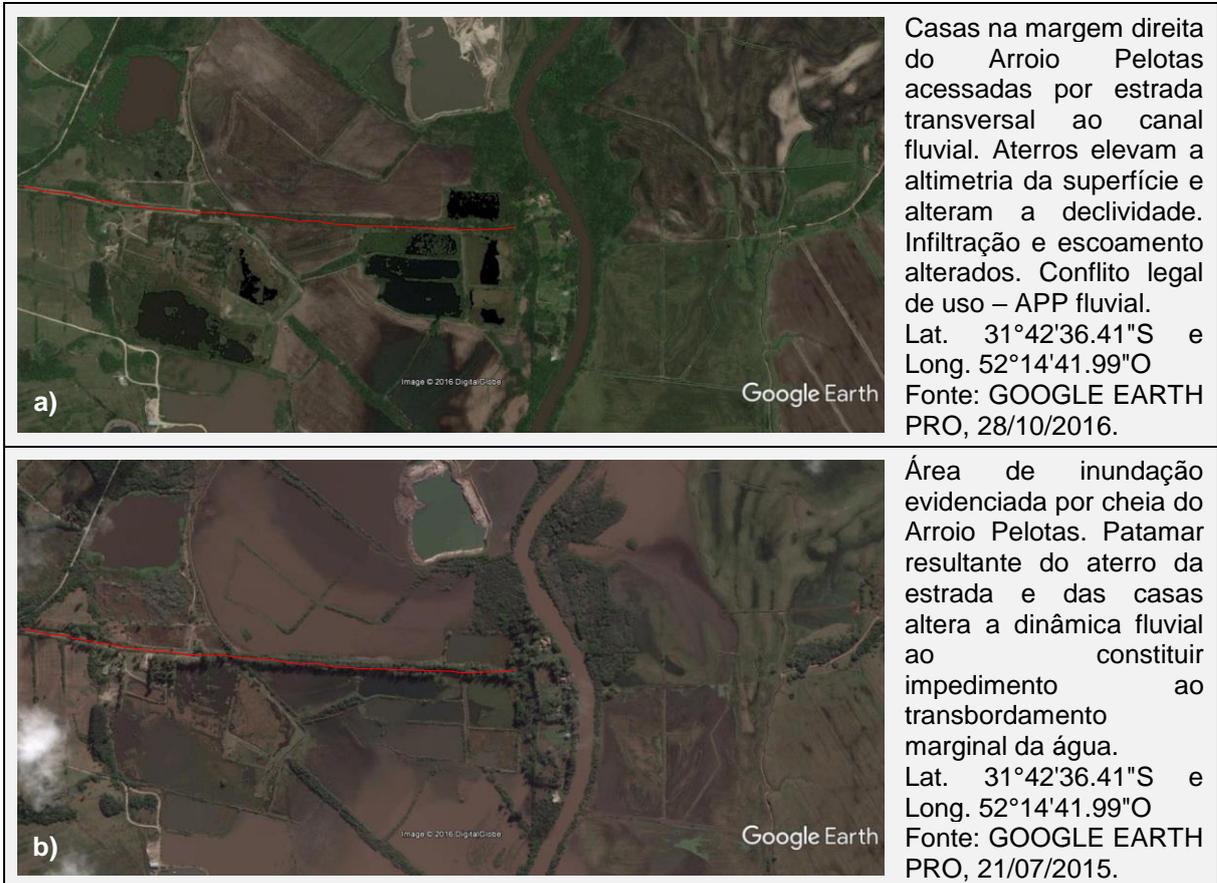


Figura 67 - (a, b) Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pelotas resultantes de intervenções antrópicas.

### 3.3.3.2 Processos ativos em tipos de formas de relevo e impactos ambientais associados da área urbana

A área urbana abrange a parte centro-sul da Planície Costeira de Pelotas e compreende cerca de 195km<sup>2</sup> (aproximadamente 27% da área de estudo). O distrito sede, no qual se situa a área urbana, é constituído por sete regiões administrativas: Três Vendas, Barragem, Fragata, Centro, São Gonçalo, Laranjal e Areal (IBGE, 2016). Os tipos de formas de relevo dessa área dizem respeito a terraços lagunar e alúvio-coluvionar, lombada e duna costeira, pontal e planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar, lacustre e paludial.

Nas áreas relativamente altas, onde ocorrem as formas de terraços e lombada, estabelecem-se boa parte dos adensamentos urbanos. No terraço lagunar relativo à Barreira II, está localizado o centro histórico da cidade e suas adjacências expandidas para a planície alúvio-lagunar do São Gonçalo. No terraço alúvio-colvionar, estão situados os adensamentos urbanos das regiões Fragata e Barragem. A partir da margem direita do Arroio Pepino avança pelo terraço lagunar da Barreira II a aglomeração da região Areal, enquanto que ao norte da região Centro expande-se a da região Três Vendas (incluindo-se o Sítio Floresta e a Vila Princesa). A localidade do Barro Duro, pertencente ao Laranjal, está quase toda situada na lombada costeira. O aglomerado do Laranjal tem sua maior parte situada na planície lacustre, com pouca abrangência na transição entre esta forma e a de lombada e terraço lagunar da Barreira II. Ainda nesses patamares do relevo (terraço alúvio-colvionar, terraço lagunar e lombada costeira), observam-se solo exposto, pastagem (ou cobertura herbácea decorrente de cultivo recente) e ocorrências de silvicultura em locais mais afastados dos aglomerados urbanos. No entanto, na área urbana, o solo exposto também é observável em terrenos preparados para novas edificações, estradas, arruamentos etc.

Nas depressões relativas, onde ocorrem as formas de planícies de gênese alúvio-colvionar, alúvio-lagunar, lacustre e paludial, também se verificam contrastes quanto aos usos e coberturas da terra. Nas planícies alúvio-colvionares dos Arroios Fragata e Santa Bárbara, identificam-se características do meio rural em virtude de essas formas corresponderem a áreas periféricas do distrito sede, sendo possível observar o predomínio de mata nativa (ciliar), pastagem e solo exposto decorrente de cultivos agrícolas. Nas planícies alúvio-lagunares desses Arroios e dos Arroios Pepino e Pelotas constatam-se áreas urbanizadas. A planície alúvio-lagunar do Arroio Pepino destaca-se por acentuada urbanização resultante do limite entre as regiões Centro e Areal que o curso fluvial (canalizado) constitui. Também se destacam as planícies alúvio-lagunar do Santa Bárbara (segmento canalizado) e do São Gonçalo com acentuada urbanização, bem como a planície lacustre onde está situada boa parte do bairro Laranjal. Nas planícies alúvio-lagunar do Arroio Fragata e do Pelotas e nas de seus principais afluentes identificam-se cultivos agrícolas. Nas demais partes das planícies alúvio-lagunares predomina a mata ciliar e cobertura herbácea.

As formas de planície paludial, planície lacustre e pontal guardam semelhanças quanto ao lençol freático alto que as caracteriza como um ambiente bastante úmido.

Nessas três formas de relevo predomina a cobertura herbácea referente a vegetações de áreas periódica ou permanentemente alagadas. Por outro lado, a forma de duna costeira apresenta areias expostas e excessivamente drenadas (CUNHA; SILVEIRA, 1996), que, segundo Selmo & Asmus (2006), estão gradativamente sendo cobertas por uma mata de restinga, acrescida de elementos da Floresta Estacional.

Atualmente, a forma de pontal e a parte sul da forma de planície lacustre estão inseridas em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), de nome Pontal da Barra, criada no ano de 1999. A RPPN abrange 65,33ha dentro de um imóvel com 163,63ha (ICMBio, 2017). Conforme a SQA (2013, p.37), esta RPPN:

[...] alberga uma elevada biodiversidade, distribuída em ambientes como banhados, charcos temporários, matas nativas e campos inundáveis. Na mesma foram registradas mais de 200 espécies de aves, mais de 100 espécies de peixes, pelos menos duas dezenas de mamíferos e entre 30 e 40 de répteis e anfíbios.

No Plano Diretor de Pelotas, por sua vez, as dunas costeiras compõem Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural, sendo definidas como Área de Preservação Permanente Degradada (APPD). As APPD são áreas:

[...] que já sofreram processo de degradação ambiental, seja pela ação antrópica ou natural, necessitando de programa específico estabelecido pelo Poder Público, de recuperação, mitigação ou compensação, com vistas a estabelecer um cronograma de recuperação do passivo ambiental nelas localizado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2008, p.19).

Na área urbana, predominam os mesmos solos que os da área rural, dado que as litologias e morfologias do relevo são praticamente iguais também. Em função disso, o processo erosivo prevalente é o de tipo laminar, podendo ocorrer erosão linear nas descontinuidades de aclave entre patamares e depressões relativas do relevo. Nos terraços lagunar e alúvio-coluvionar, predomina o Planossolo; nas planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar e lacustre dominam Gleissolo (pouco Húmico e Húmico) e Neossolo (Flúvico); e, na planície paludial e no pontal, predomina o Organossolo (CUNHA, 1996). A única forma que difere é a de duna costeira, formada por Neossolo (Quartzarênico) (CUNHA, 1996). Segundo Santos et al. (2013, p.222), esse tipo de Neossolo caracteriza-se por ser:

[...] sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico.

Por motivos de limitação inerente ao solo e suscetibilidade à erosão eólica, as dunas costeiras não apresentam qualquer utilização potencial agrícola (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Tendo em vista a organização do espaço geográfico do distrito sede, observa-se que as ações antropogênicas que mais podem resultar na alteração de processos morfodinâmicos do relevo e, por conseguinte, em maiores impactos ambientais desenvolvem-se com o estabelecimento dos aglomerados urbanos. Segundo Fujimoto (2005, p.78), de acordo com a tipologia e o estágio de alteração do relevo em áreas urbanas, pode-se descrever algumas atividades antrópicas que modificam padrões morfodinâmicos, como:

- A. A eliminação da cobertura vegetal e as modificações através de cortes e/ou aterros elaborados para a execução dos arruamentos e moradias acabam por alterar a geometria das vertentes, aumentando a declividade e expondo o material anteriormente protegido da ação direta dos agentes climáticos;
- B. Os arruamentos, mesmo respeitando a topografia, acabam cortando e direcionando os fluxos hídricos, gerando padrões de drenagem não existentes. As ruas transformam-se em verdadeiros leitos pluviais durante os eventos chuvosos, canalizando e direcionando os fluxos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente;
- C. A impermeabilização modifica o fluxo da água, tanto na superfície como em profundidade. As superfícies impermeabilizadas não permitem a infiltração da água no solo, assim como a circulação de ar e água;
- D. As canalizações de águas pluviais existentes nas moradias acabam por mudar a direção do fluxo natural das águas das chuvas ou das águas servidas;
- E. Os aterros recobrem a vegetação original e os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidades entre materiais heterogêneos, além de elevarem altimetricamente a superfície original, alterando sua declividade.

Na comparação entre imagens de satélite do ano de 1984 e 2016, é notória a expansão da área urbana de Pelotas, mormente no eixo norte e leste, mediante intervenções que se destacam pela supressão da cobertura vegetal, construção de arruamentos, aterramento de áreas úmidas e impermeabilização da superfície. A figura 68 (a, b) demonstra essas evidências.

Considerando-se os acumulados pluviométricos de eventos climáticos extremos analisados por Hansmann (2013) e Rutz (2015), as áreas urbanizadas sofrem com a recorrência de inundações em locais onde a morfologia original do relevo condiciona a concentração da água pluvial em depressões correspondentes a planícies que, ora impermeabilizadas, apresentam o aumento do escoamento superficial em virtude do impedimento à infiltração da água no solo. A isso se soma, na região Centro, a retilinização de cursos fluviais de parte do canal do Arroio Santa Bárbara e do Arroio Pepino. As obras empreendidas tanto em um como em outro canal derivaram da expansão urbana nas margens dos cursos fluviais que, devido às inundações frequentes, demandou artifícios de drenagem para a cidade.



Figura 68 - Expansão urbana de Pelotas: a) cenário de 1984; b) cenário de 2016.  
 Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2016.

Para Botelho e Silva (2014, p.175):

A canalização e retificação dos cursos d'água constituem intervenções antrópicas que afetam sobremaneira o sistema hidrológico. Essas obras têm como objetivo aumentar a velocidade e a vazão dos rios, a fim de promover o escoamento rápido do grande volume de água que atinge os canais fluviais e possibilitar a ocupação de suas margens.

Com relação ao Arroio Santa Bárbara, de acordo com Simon (2007), em 1953 iniciaram as primeiras intervenções antrópicas na dinâmica fluvial mediante a

construção de um canal retilíneo para “a captação do escoamento na junção do Arroio Santa Bárbara e Arroio do Meio, ao norte do setor de várzea [...] ao sul do setor de várzea [...]” (SIMON, 2007, p.114). Quanto ao Arroio Pepino, Cardoso (2012) explica que as obras de intervenção neste canal começaram em 1915 no baixo curso em razão de inundações na área adjacente à confluência deste com o Canal São Gonçalo. Segundo a autora, estas obras foram retomadas em 1949, sendo em 1959 construído um dique para o controle do nível da água entre o Arroio Pepino e o Canal São Gonçalo.

As figuras 69 e 70 demonstram intervenções antrópicas que resultam na alteração de morfodinâmicas na área de influência do Arroio Pepino e Santa Bárbara, respectivamente.



Figura 69 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pepino resultantes de intervenções antrópicas.



Figura 70 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Santa Bárbara resultantes de intervenções antrópicas.

Ainda com relação à planície alúvio-lagunar do Arroio Santa Bárbara, registram-se morfodinâmicas na área do reservatório de água que abastece Pelotas. No reservatório, a alteração de um estado lótico para lântico da água e a ação dos ventos

e das ondas desenvolvem margens de abrasão em que os declives acentuam o efeito da gravidade e o recuo das margens. Os materiais oriundos dessa abrasão somados a sedimentos transportados por tributários podem definir feições deposicionais. Há o aumento da carga de fundo e de suspensão, do que pode resultar o assoreamento do reservatório e a diminuição de seu tempo útil (CUNHA, 2009) (Figura 71).



Figura 71 - Solapamentos em margens de abrasão do reservatório Santa Bárbara.  
Lat. 31°42'1.63"S e Long. 52°22'44.42"O / Orientação: S  
Fonte: AUTOR, 10/10/2016.

Na área correspondente à forma de planície alúvio-lagunar do São Gonçalo, a declividade baixa do relevo e sua localização na borda de terraços dificulta o escoamento pluvial que se dá em direção ao Canal São Gonçalo. O lixo carreado para os encanamentos prejudica ainda mais o esgotamento das águas, o que torna frequente os alagamentos nesse compartimento do relevo densamente urbanizado na região Centro, Fragata e São Gonçalo, como mostra a figura 72.

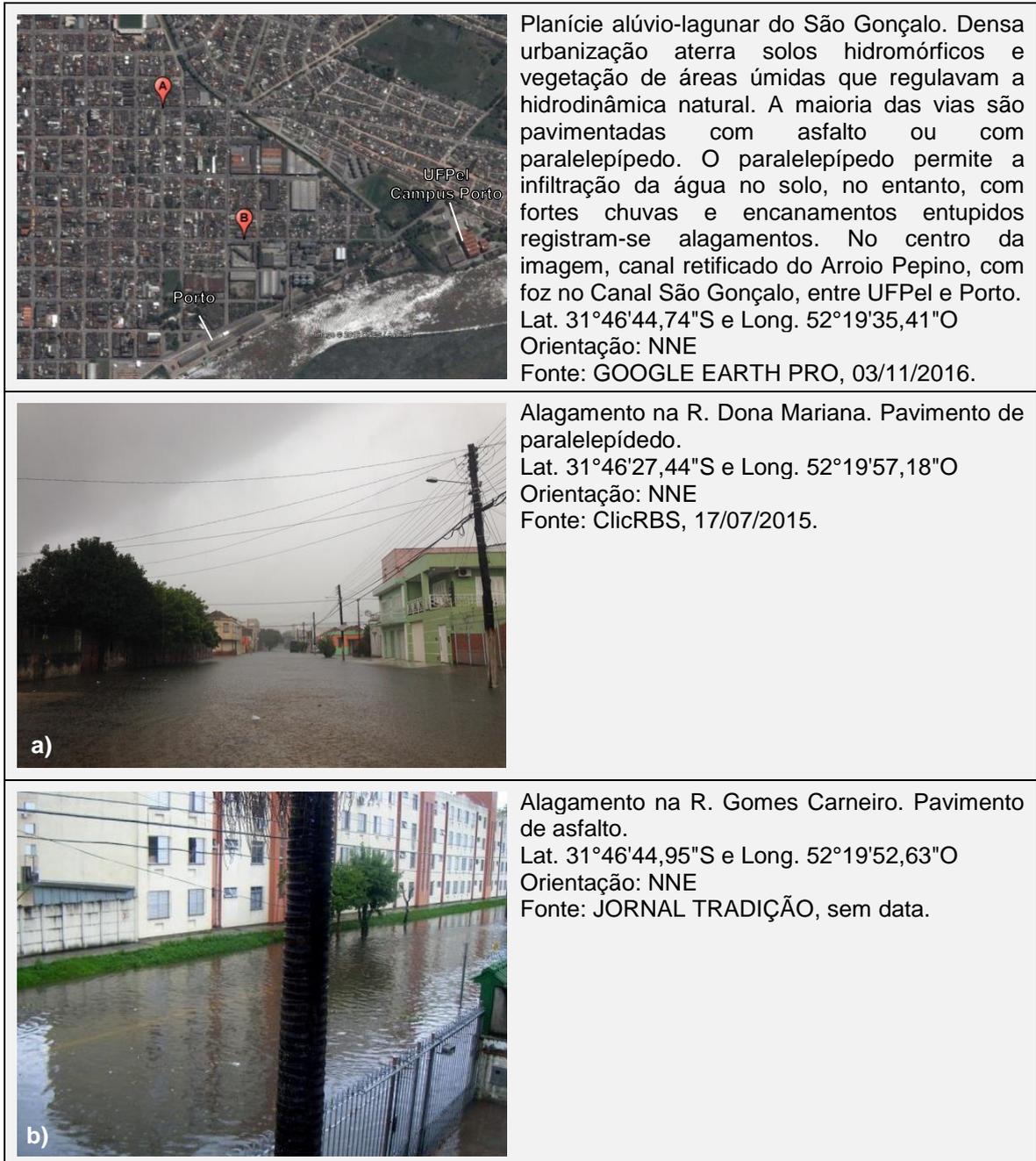


Figura 72 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas.

Ainda na planície alúvio-lagunar do São Gonçalo há o aumento da área urbana às margens dos meandros do Arroio Pelotas. A figura 73 (a, b, c) apresenta cenários que mostram a intervenção antrópica acentuando-se no ambiente e alterando morfodinâmicas do relevo.



Figura 73 - (a, b, c) Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Pelotas e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas.

Como se observa na figura 73 (a, b, c), a área urbanizada avançou por ambientes paludiais e diminuiu a abrangência espacial da forma de dunas costeiras, alterando aquíferos e habitats de reprodução de espécies animais (SELMO & ASMUS, 2006). Nessa forma de relevo em dunas, verificam-se processos de erosão eólica e fitoestabilização das areias expostas. Apesar de constituir uma APPD (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2008), a área das dunas continua sendo impactada pelo trânsito de veículos e pessoas, bem como por pastoreio, tal como apresenta a figura 74 (a, b).



Figura 74 - (a, b) Alterações de morfodinâmicas em formas de dunas costeiras – APPD.

A duplicação da BR-392/ 471 em parte da forma de planície alúvio-lagunar do Arroio Fragata promove alterações significativas de morfodinâmicas do relevo. Além disso, observam-se alterações decorrentes de ocupações urbanas em áreas de banhados. Nesta parte da área de estudo, a rodovia está praticamente no limite entre a forma de planície alúvio-lagunar e de terraço alúvio-coluviônario. Na figura 75, apresentam-se registros de algumas dessas constatações.



Figura 75 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência do Arroio Fragata e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas.

Acerca da forma de planície lacustre e da de pontal, nestas estão situadas a Praia do Laranjal e o Pontal da Barra, respectivamente. A área representa “[...] tensão entre empreendimentos imobiliários formais, ocupações irregulares, leis de proteção ambiental, biodiversidade peculiar e registros arqueológicos” (SILVA et al., 2015, p.414). Evidenciam-se alterações de morfodinâmicas a partir do aterramento de áreas úmidas (banhados), impermeabilização da superfície por construções (moradias e comércios) e alguns arruamentos asfaltados, resultantes de uma urbanização incondizente à importância dos banhados para o sistema lagunar e o fluxo gênico da biodiversidade. Na figura 76, apresentam-se registros da intervenção antrópica e a alteração de morfodinâmicas.



Figura 76 - Alteração de morfodinâmicas do relevo em área de influência da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas.

À época do outubro de 2015, emergencialmente, a Prefeitura de Pelotas buscou impedir o avanço da água onde estão situadas as moradias e esgotá-la por bombeamento. Para tanto, foi construída uma barreira de contenção provisória, a qual foi chamada de dique. Os materiais utilizados eram oriundos do local. Silva et al. (2015) criticaram essa decisão devido à grande concentração de argila do material utilizado que poderia ressecar e desencadear fraturas potencializadoras de possível colapso da barreira pela pressão da água contida. Estes autores explicaram que em nova situação de enchente, caso ocorresse o rompimento dessa barreira, a água chegaria com maior velocidade às residências, diminuindo o tempo de reação de seus residentes (Figura 77).



Figura 77 - Alterações de morfodinâmicas do relevo em área de influência da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo resultantes de intervenções antrópicas: barreira de contenção (dique) do Pontal da Barra – Laranjal.

A enchente que alagou a Praia do Laranjal e o Pontal da Barra também evidenciou morfodinâmicas na linha de costa da Lagoa dos Patos no Barro Duro. O

impacto das ondas destruiu o controle antrópico efetivado por blocos graníticos, definindo o recuo da linha de costa, conforme mostra a figura 78 (a, b, c).



Figura 78 - (a, b, c) Reajuste da dinâmica lagunar em linha de costa controlada por mecanismos antrópicos.

Lat. 31°44'24,27"S e Long. 52°12'48,54"O / Orientação: SO

Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

O Barro Duro está localizado, majoritariamente, na forma de lombada costeira, cuja descontinuidade de aclave com a forma de planície lacustre, a E, é bastante perceptível. Em função disso, processos erosivos são ativados e afeioam formas de sulco, ravina e, até mesmo, voçoroca onde há a remoção da cobertura vegetal. Embora urbanizada, a maior parte dos arruamentos, calçadas e pátios residenciais não estão impermeabilizados – fator positivo para a infiltração da água no solo e a diminuição do escoamento superficial que promoveria erosão laminar na lombada e linear na transição da lombada para a planície. Elemento negativo é a existência de esgoto a céu aberto e o descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos. A figura 79 demonstra evidências de morfodinâmicas do relevo.



Figura 79 - Alterações de morfodinâmicas em formas de planície lacustre e lombada costeira resultantes de intervenções antrópicas na localidade do Barro Duro – Laranjal.

Nessa mesma localidade, onde a descontinuidade de aclave é ainda mais acentuada, há maior suscetibilidade a erosões e, por consequência, colapso de estruturas urbanas. Isso pode ser ocasionado pela retirada da cobertura vegetal, aterramentos e impermeabilizações realizadas para a construção de casas em bordas da lombada costeira. Tais intervenções podem maximizar o efeito da gravidade em segmentos mais inclinados das vertentes do relevo (Figura 80).



Figura 80 - Lote urbano situado na borda da lombada costeira.  
Lat. 31°44'21,73"S e Long. 52°12'49,54"O /  
Orientação: NO  
Fonte: AUTOR, 29/10/2015.

### **3.4 Síntese geomorfológica da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas**

#### **3.3.4 Mapa geomorfológico**

O mapa de geomorfologia resulta, portanto, da síntese de informações levantadas e analisadas nesta pesquisa que balizaram a apreensão do relevo quanto

à morfologia (morfografia e morfometria), morfocronogênese (morfogênese e morfocronologia) e morfodinâmica. O mapa geomorfológico da área de influência da Planície Costeira de Pelotas/ RS é apresentado na figura 81.

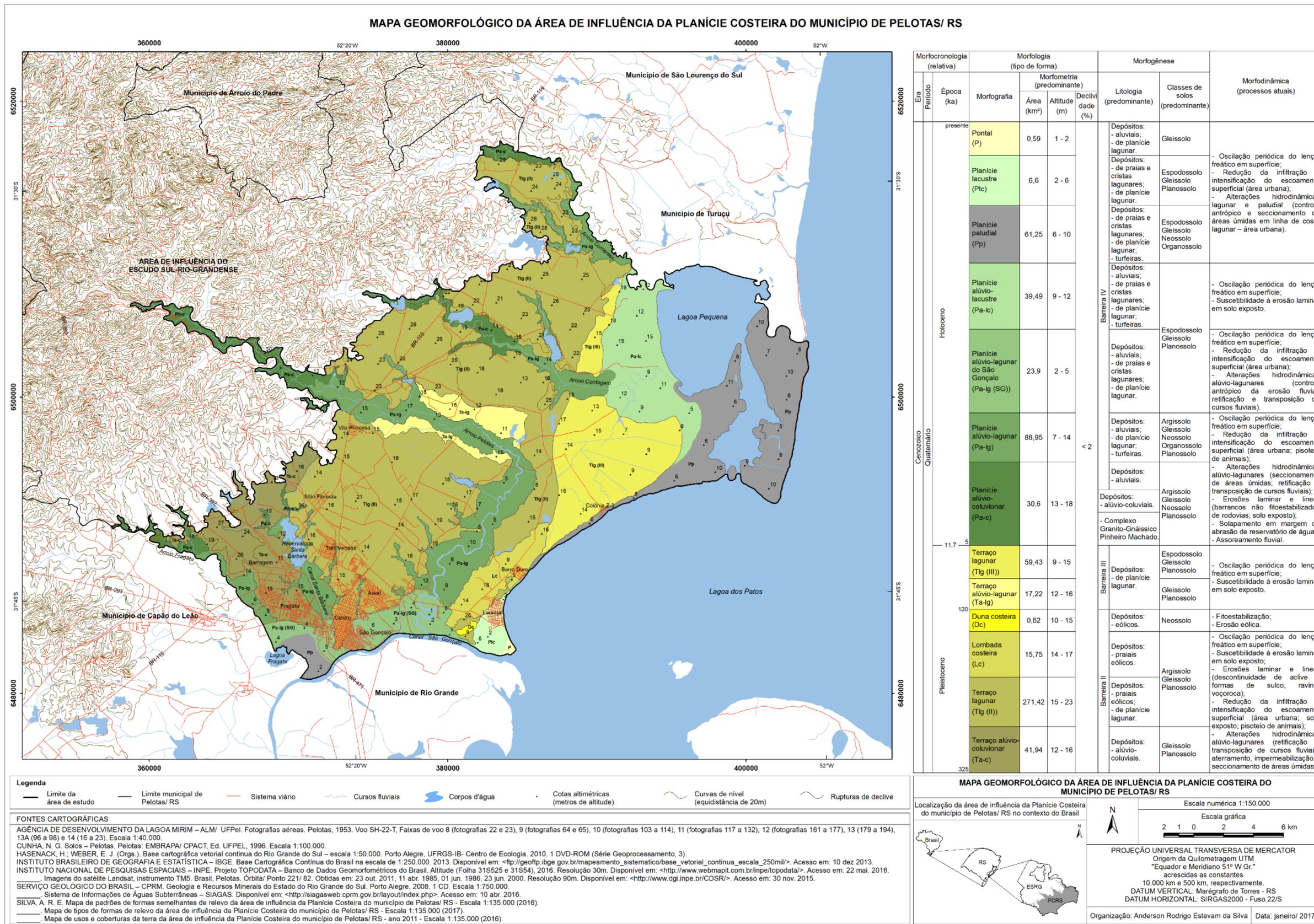


Figura 81: Mapa geomorfológico da área de influência da Planície Costeira do município de Pelotas/ RS.  
Fonte: AUTOR, 2017.

#### **4 Considerações finais**

A análise da progradação de barreiras sedimentares e do retrabalhamento de leques aluviais foi sobremodo importante para entender a evolução têmporo-espacial do arcabouço geológico-geomorfológico da área de influência da PCRS no município de Pelotas. Esta dinâmica evolutiva decorreu de mudanças morfoclimáticas que repercutiram em quatro grandes glácio-eustatismos, sendo três pleistocênicos e um holocênico. Considerando-se que cada avanço marinho definiu uma superfície de abrasão (patamar), obteve-se na litoestratigrafia, bem como nos materiais pedogeneizados, indícios seguros da contemporaneidade entre o arranjo geológico e o geomorfológico. Atualmente, a conjuntura ambiental/ geomorfológica é expressa pela inter-relação de variáveis do meio natural e do meio socioeconômico e cultural, do que resultam alterações de processos naturais/ geomórficos.

Com base no que foi levantado, analisado e sintetizado como mapa geomorfológico em escala de 1:150.000, considera-se que a realidade de usos e coberturas da terra da área de estudo é incondizente aos cuidados que o meio natural reclama ao ser humano para a existência de um ambiente sustentável. Em sua maior parte, as intervenções antrópicas destacam-se por negligenciar funções naturais de áreas úmidas fluviais e paludiais em depressões relativas do relevo mediante aterramentos e/ ou impermeabilizações e edificações a partir de retificações e transposições de canais fluviais que visam atender o propósito de expandir a urbanização. De maior ocorrência na área urbana, o descarte inadequado de resíduos sólidos expressa um comportamento falto de concepção ambiental por parte da população, isto é, falta a essa o sentimento de pertença ao ambiente que compõe e com o qual interage mediante relações sociais.

No contexto urbano, os tipos de formas de relevo dizem respeito a terraços lagunares e alúvio-coluvionar, lombada e duna costeira, pontal e planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar, lacustre e paludial. É notória a expansão da área urbana de Pelotas, mormente no eixo norte e leste, por meio de intervenções que se destacam pela supressão da cobertura vegetal, construção de arruamentos, aterramento de áreas úmidas e impermeabilização da superfície. As áreas urbanizadas sofrem com a recorrência de inundações em locais onde a morfologia original do relevo condiciona a concentração da água pluvial em depressões correspondentes a planícies que, ora impermeabilizadas, apresentam o aumento do escoamento superficial em virtude do impedimento à infiltração da água no solo. A isso se somam retificações e transposições de cursos fluviais na região Centro. Os solos da área urbana são hidromórficos, o que favorece a dispersão de contaminantes por fluxo lateral do lençol freático alto.

No contexto rural, observou-se o domínio de rizicultura e pastagem (cobertura herbácea), com ocorrências significativas de silvicultura. Os tipos de formas de relevo identificados neste espaço do município foram os terraços lagunares, terraço alúvio-lagunar, lombada costeira e as planícies alúvio-coluvionar, alúvio-lagunar, alúvio-lacustre e paludial. Devido a extensas áreas de agricultura intensiva, ocorre solo exposto com controle de erosão laminar efetivado por curvas de nível. Os solos são hidromórficos. A oscilação periódica do lençol freático potencializa a dispersão de contaminantes por fluxo lateral. Em alguns locais é possível observar o pastoreio de gado bovino com potencial para ativar processos de erosão linear em caminhos preferenciais onde há o aumento de declive. O pastoreio representa suscetibilidade ao aumento de densidade do solo em virtude da compactação por pisoteio. A interrupção de obras rodoviárias ou obras rodoviárias malfeitas constitui-se em aporte de sedimentos por erosão laminar e linear a canais fluviais e, por conseguinte, favorecem assoreamento e poluição da água. Ademais, arruamentos e estradas são causa de seccionamento de áreas úmidas e alteração de hidrodinâmicas e fluxo gênico de espécies animais e vegetais.

No conjunto desses fatos, ampliam-se as externalidades negativas decorrentes de intervenções já consolidadas em áreas ambientalmente frágeis e legalmente protegidas (banhados, margens fluviais e lagunares etc. em formas de planícies e pontal) ou que demandam o manejo adequado do que seja tomado enquanto recurso natural (solos, minerais, vegetação etc. em formas de terraços e lombada). Nesse

sentido, urge, pois, um (re)ordenamento de usos e coberturas da terra com o qual se possa ao menos minimizar ou, sendo possível, solucionar e prevenir impactos ambientais negativos.

Dessa forma, depreende-se que esta pesquisa apresenta condições de ser utilizada como subsídio em ações de educação ambiental sob a perspectiva do planejamento e desenvolvimento socioeconômico e cultural acerca de usos e coberturas da terra e suas implicações, haja vista a interdisciplinaridade demandada aos estudos de geomorfologia e o fato de o relevo evidenciar potencialidades e vulnerabilidades à conversão de propriedades geoecológicas em socioreprodutoras. Assim, entende-se que os resultados desta pesquisa possam ser utilizados em escolas e universidades no tocante à elucidação de parte da geomorfologia municipal na qualidade de condicionante e suporte à organização do espaço geográfico, tendo em vista a prioridade de preservação de áreas não propícias a nenhum tipo de uso.

Espera-se possível que a análise e o mapeamento realizado também sirvam de esclarecimento ao poder público municipal sobre a importância de efetivamente se restringir a expansão urbana em áreas úmidas de influência de cursos e corpos d'água a fim de que estas áreas não percam sua eficiência como receptáculos e mantenedoras da quantidade e qualidade da água que compõe sistemas lagunares e fluviais. Além disso, espera-se que os patamares da área de estudo sejam observados quanto ao lençol freático alto devido ao risco de salinização e alcalinização que podem ocorrer por irrigação contínua e resultar no desequilíbrio do meio físico-biológico natural e no descenso da produtividade agrícola.

Por fim, consideram-se formadas orientações de atividades de cartografia e geoprocessamento de base para a identificação e registro de feições morfológicas de relevo com pequena amplitude altimétrica. Relevos como o da área de estudo caracterizam-se por uma topografia pouco variada e isso contribui para que surjam dificuldades à compartimentação da geomorfologia, pois suas formas não estão rigidamente limitadas por rupturas de declive abruptas. Dessa maneira, entendem-se importantes os materiais levantados e organizados em forma de um BDG e os procedimentos operacionais realizados, uma vez que estes alcançaram a representação do relevo quanto a suas formas, gênese e idade, conforme o que propõe Ab'Sáber (1969) e Ross (1992) e requer a UGI.

Tem-se, portanto, elaborado um mapa geomorfológico na qualidade de documento síntese dos dados levantados e analisados, ora em gabinete, ora em

campo, de maneira que assuntos de interesse geográfico como vulnerabilidade e potencialidade de recursos do relevo terrestre possam ser estudados por outros pesquisadores tendo o respectivo mapa enquanto mais uma fonte auxiliar de informação.

## Referências

ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Rev. IG**, São Paulo, p. 5-23, jan./ dez. 1983.

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, 18, São Paulo, IGEOG-USP, 1969.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA LAGOA MIRIM – ALM/ UFPel. **Fotografias aéreas**. Pelotas, 1953. Voo SH-22-T, Faixas de voo 8 (fotografias 22 e 23), 9 (fotografias 64 e 65), 10 (fotografias 103 a 114), 11 (fotografias 117 a 132), 12 (fotografias 161 a 177), 13 (179 a 194), 13A (96 a 98) e 14 (16 a 23). Escala 1:40.000.

ANDERSON, P. S. Visão Estereoscópica para a Fotointerpretação. In: ANDERSON, P. S. (Org.). **Fundamentos para fotointerpretação**. 1.ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. p. 55-76.

BARBOZA E. G. et al. Cronoestratigrafia da Bacia de Pelotas: uma revisão das seqüências deposicionais. **GRAVEL**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 125-138, jun. 2008.

BARBOZA E. G. et al. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Erosão em Longo Período. **Revista SUG – Sociedad Uruguaya de Geología**. n. 15, p. 94-97, set. 2009.

BARBOZA, E. G. et al. Comportamento regressivo/ transgressivo da linha de costa na Bacia de Pelotas durante o Holoceno médio e tardio. In: LÓPEZ, R. A. & MARCOMINI, S. C. (Org.). **Problemática de los Ambientes Costeros**: Sur de Brasil, Uruguay y Argentina. 1.ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Croquis S.R.L., 2011. p. 15-30.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 7.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 153-192.

CALAMIDADE no Laranjal: enchente atinge os balneários, principalmente o Pontal da Barra, Novo Valverde e Colônia de Pescadores Z-3. Parte da praia está sem água e sem energia elétrica. **Diário da Manhã**: a cada dia um novo jornal. Disponível em: <<http://diariodamanhapelotas.com.br/site/calamidade-no-laranjal-enchente-atinge-os-balnearios-principalmente-o-pontal-da-barra-novo-valverde-e-colonia-de-pescadores-z-3-parte-da-praia-esta-sem-agua-e-sem-energia-eletrica/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação dos Solos Usada em Levantamentos Pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, jan./abr. 1987.

CARDOSO, E. C. A. **Mapeamento das transformações socioambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Pepino, 1916 – 2011 / Pelotas (RS)**. 2012. 86f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

CASSETI, V. Introdução à Geomorfologia. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Compartimentação topográfica. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Estrutura Superficial. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Fisiologia da Paisagem. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Cartografia Geomorfológica. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

CHUVA alaga ruas e invade casas no interior do Rio Grande do Sul. **G1 – globo.com**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/02/chuva-alaga-ruas-e-invade-casas-em-pelotas-e-uruguaiana.html>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

CHUVA causa alagamentos em Pelotas. **Gaúcha**. Disponível em: <<http://gaucha.clicrbs.com.br/rs/noticia-aberta/chuva-causa-alagamentos-em-pelotas-142767.html>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

CHUVA forte chega a Pelotas e deixa moradores ilhados. **Jornal Tradição: O elo da notícia até você – REGIONAL**. Disponível em: <[http://www.jornaltradiacao.com.br/site/content/galerias\\_de\\_fotos/fotos.php?galeria\\_fotos=3174](http://www.jornaltradiacao.com.br/site/content/galerias_de_fotos/fotos.php?galeria_fotos=3174)>. Acesso em: 10 fev. 2017.

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

CUNHA, N. G. **Geomorfologia e Solos – Pelotas**. Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPEL, 1996. Escala 1:100.000.

\_\_\_\_\_. **Solos – Pelotas**. Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPEL, 1996. Escala 1:100.000.

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.

CORREA, I. C. S. et al. Gênese de um Depósito de Turfa na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul-Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2015.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP. IG/ UNICAMP, 1992. 170p.

DELAMARE et al. Dinâmica de uso da terra e alterações na linha de costa lagunar: estudo em uma Colônia de Pescadores de Pelotas, RS, Brasil. **Revista de GESTÃO COSTEIRA Integrada / Journal of Integrated COSTAL ZONE MANAGEMENT**, Lisboa, v. 15, n. 2, p. 237-248, 2015.

DEMEK, J. **Generalization of Geomorphological Maps**. In.: Progress Made in Geomorphological Mapping, Brno, 1967.

DIAS, J. L. et al. Bacia de Pelotas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. v. 8, p. 235-245, 1994.

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.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE CAPÃO DO LEÃO. **Normais Climatológicas do Município de Pelotas, 1971 – 2000 (mensais e anuais)**. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/estacaoagro/>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

FAVILLA, C. A. et al. **Mapas Geológicos da Região Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CPRM/ UFRGS. (7 folhas na escala 1:250.000).

FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. In: \_\_\_\_\_. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 12-30.

\_\_\_\_\_. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 31-71.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na Geomorfologia Urbana. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 16, p. 76-80, 2005.

GERASIMOV, I. P. **Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de l'URSS**. Problèmes de Geographie Physique, Vol.12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou, 1946.

GOOGLE EARTH PRO. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

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

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 7.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 225-256.

HANSMANN, H. Z. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS**. 2013. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

HASENACK, H.; WEBER, E. J. (Orgs.). **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre, UFRGS-IB- Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

HUGGETT, R. J. Fluvial Landscapes. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentals of Geomorphology**. 2.ed. Londres e Nova Iorque: Routledge – Taylor & Francis Group, 2007. p. 220-245.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN**. Disponível em: <<http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/698/>>. Acesso: 10 fev. 2017.

INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY – ICS. **International Cronostratigraphic Chart – v. 2016/12**. Disponível em: <<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de Dados Cidades@**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431440&search=rio-grande-do-sul|pelotas>>. Acesso em: 2 abril 2016.

\_\_\_\_\_. **Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000**. 2013. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento\\_sistematico/base\\_vetorial\\_continua\\_escala\\_250mil/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_vetorial_continua_escala_250mil/)>. Acesso em: 10 dez 2013.

\_\_\_\_\_. Manual Técnico de Uso da Terra. In: **Manuais Técnicos em Geociências**. Nº 7. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro/ RJ, 2013.

\_\_\_\_\_. Manual Técnico de Geomorfologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. In: **Manuais Técnicos em Geociências**. Nº5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro/ RJ, 2009.

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO DO PRESIDENTE 1/ 2005. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Altitude (Folha 31S525 e 31S54), 2016. Resolução 30m. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. Imagens do satélite Landsat, instrumento TM5. Brasil, Pelotas. Órbita/ Ponto 221/ 82. Obtidas em: 23 out. 2011, 11 abr. 1985, 01 jun. 1986, 23 jun. 2000. Resolução 90m. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

ITEPA – INSTITUTO TÉCNICO DE PESQUISA E ASSESSORIA/ UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS – UCPel. **Síntese Socioeconômica da Zonal Sul – RS.** Banco de Dados Zona Sul – RS, 2012. Disponível em: <<http://www.bancodedadoszonasul.com.br/upload/ea964d-79508112012083249.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

LOCH, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas:** noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008. 118 p.

MARENGO, J.A; OLIVEIRA, G.S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998. Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. CD-ROM.

MECERJAKOV, J. P. **Les Concepts de Morphostructure et de Morphoculture : un novel instrument de l'analyse geomorphologique.** In.: Annales de Geographie, 77 e années 423, Paris, 1968.

MENESES, L. F.; FIGUEIREDO, E. C. T. P.; E. P. F. LEITE. Ortorretificação de fotografias aéreas de pequeno formato obtidas com câmara digital convencional. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2008, Recife. **Anais SENSORIAMENTO REMOTO/ FOTOGRAMETRIA.** Recife: UFPE, 2008, p.1-8.

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.

NETO, J. P. de Q. Pedologia: conceito, método e aplicações. **Revista do Departamento de Geografia – USP.** São Paulo, v. 3, p. 95-102, 1984.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 93-148.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Nino de 1997/98: Evolução e impactos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. CD-ROM.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3.ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2006, 316p. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2065>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

PAUL, C. R.; WERLANG, M. K. Análise da predisposição à erosão laminar (entressulcos) em um planossolo na Várzea do Agudo, Agudo-RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 211-237, 2012.

PATRAM: desrespeito nas dunas do Las Acácias. **Jornal do Laranjal**. Disponível em: <<https://www.facebook.com/jornaldolaranjal/posts/661430200688335>>. Acesso em: 10 feb. 2017.

PENCK, W. **Morphological Analysis of Land Forms**, Macmillan and Co., London, 1953.

PENTEADO, A. de F. **Mapeamento e análise geomorfológicas como subsídio para identificação e caracterização de terras inundáveis. Estudo de caso da bacia hidrográfica do rio dos Sinos – RS**. 2011. 339f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PHILIPP, R. P. **Evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. Porto Alegre, UFRGS, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. III PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE PELOTAS. **Mapa temático: bacias hidrográficas e área de nascentes**. Pelotas: Secretaria Municipal de Urbanismo, 2007. Escala 1:100.000. Projeção UTM. DATUM Sad-69.

REHBEIN, M. O. **Mapeamento geomorfológico aplicado na análise de impactos ambientais urbanos: contribuições ao (re)conhecimento de morfologias, morfocronogêneses e morfodinâmicas do relevo da bacia hidrográfica do arroio Feijó – RS.** 2011. 339f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

RÖDEL, S. P. **Levantamento dos usos e coberturas da terra no município de Pelotas, outubro de 2011.** 2013. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ROSA, M. **Geografia de Pelotas.** Pelotas: UFPel, 1985. 333p.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia – USP.** São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.

\_\_\_\_\_. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia – USP,** São Paulo, v. 9, p. 65-75, 1995.

\_\_\_\_\_. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia – USP,** São Paulo, Volume Especial RDG 30 anos, p. 38-51, 2012.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia: ambiente e planejamento –** (Coleção Repensando a Geografia). 9.ed. São Paulo: Contexto, 2014. 89p.

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.** 2015. 124f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SANTOS, D. S.; DIAS, F. F. Uso de Anaglifos como Alternativa para Práticas de Estereoscopia em Sensoriamento Remoto. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ,** Niterói, v. 34, n. 2, p. 105-111, dez. 2011.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. **Relatório final do inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2001. v. 1 e 2, 706p.

SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMA. Governo do Estado. **Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo**. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-mirim-sao-goncalo>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

SELMO, F. S. & ASMUS, M. L. Análise ambiental da ocupação urbana do Pontal da Barra, Praia do Laranjal, Pelotas, RS. **Revista Eletrônica: Cadernos de Ecologia Aquática**, Rio Grande, v. 1, n. 2, p. 30-37, 2006.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2008. 1 CD. Escala 1:750.000.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS**. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ – MINEROPAR. **Glossário – Termos Geológicos**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=T>>. Acesso em: 5 mar 2014.

SILVA, A. R. E. et al. Nota técnica referente à construção do dique de contenção no Pontal da Barra – Laranjal (Pelotas, RS). **Geographia Meridionalis**. Pelotas, v. 1, n. 2, p. 412-418, 2015.

SIMON, A. L. H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS)**. 2007. 187f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

SOBE para 10 número de mortos pelas chuvas no Rio Grande do Sul. **G1 – globo.com**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL979693-5598,00-SOBE+PARA+NUMERO+DE+MORTOS+PELAS+CHUVAS+NO+RIO+GRANDE+D O+SUL.html>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

TARDE de apavorar: manga d'água provoca caos na cidade. **Diário da Manhã**: a cada dia um novo jornal. Disponível em: <<http://diariodamanhapelotas.com.br/site/tarde-de-apavorar-manga-dagua-provoca-caos-na-cidade/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

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.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o Exemplo da Costa do Rio Grande do Sul. **GRAVEL**, Porto Alegre, n. 3, p. 109-115, nov. 2005.

TORRES, F. T. P.; NETO, R. M.; SEBASTIÃO, O. M. **Introdução à Geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 322p.

UFRGS-IB-Centro de Ecologia. Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa: Ano-base 2009. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2016.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 72-104.

VALERIANO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. **TOPODATA**: processamento dos dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2010. 81 p.

VEGETAÇÃO no Canal do Pepino preocupa por obstruir escoamento. **clícRBS – Pelotas**. Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/pelotas/tag/alagamentos/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

VERDUM, R. Os geógrafos frente às dinâmicas sócio-ambientais no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 16, p. 91-94, 2005.

WILDNER, W.; LOPES, R. C. Evolução Geológica: do Paleoproterozóico ao Recente. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. (Org.). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. 1.ed. Porto Alegre: CPRM, 2010. p. 15-34.