

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Geociências

Departamento de Geografia

FERNANDA SARETTA

Geossistemas do Morro São Pedro (Porto Alegre - RS): um estudo integrado da paisagem de 1964 a 2019.

PORTO ALEGRE,

2020

FERNANDA SARETTA

Geossistemas do Morro São Pedro (Porto Alegre - RS): um estudo integrado da paisagem de 1964 a 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso do
Departamento de Geografia, da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Orientador: Marcos Wellausen Dias de
Freitas

PORTO ALEGRE,

2020

FERNANDA SARETTA

Geossistemas do Morro São Pedro (Porto Alegre - RS): um estudo integrado da paisagem de 1964 a 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em: 27 de novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Dr. Roberto Verdum - UFRGS

Dr. Ulisses Franz Bremer - UFRGS

Dr. Marcos Wellausen Dias de Freitas - UFRGS (orientador)

Dedico este trabalho a minha avó Anides,

in memoriam

Agradecimentos

Agradeço pela existência nesse planeta, pelas oportunidades que tive, pelo investimento na educação, único agente transformador possível e ainda tão pouco explorado em nosso país.

A minha família em especial aos meus primeiros mestres, Dilce e Jolsemar que em nossas prazerosas conversas me inspiram com suas histórias de vida, coragem e luta; me encorajando a prosseguir em busca dos meus ideais com muito amor.

Agradeço ao meu companheiro Nicholas pelo apoio, carinho e amizade essenciais nesta jornada. Amigas e amigos, demorado seria citar nome a nome, demonstrando quantos são aquelas e aqueles em que confio minha amizade. Vocês sabem quem são e sentirão essa gratidão. Minha ponte mais verdadeira com a vida, pois entre nós não há partilha de sangue, mas de ideais e paixões.

A professoras e professores, colegas de laboratório e profissionais da Universidade Federal que de fato despertaram em mim a crença na profissão e a esperança de que podemos seguir em resistência neste lado da luta. Em especial ao meu querido orientador, Dr. Marcos Wellausen Dias de Freitas, que me apresentou a geografia como um mundo de potencialidades, sempre disponível e amigo acreditando no meu potencial e me motivando a seguir na academia.

Resumo

Este trabalho propõe integrar variáveis físicas, ecológicas e sociais, com base na abordagem interdisciplinar e complexa da Ecologia da Paisagem, para a delimitação e caracterização de geossistemas no entorno do Morro São Pedro. Esta é uma área de paisagem periurbana heterogênea, com presença de múltiplos processos de dinâmica da paisagem e problemas ambientais. Para isso, foram mapeadas as unidades de paisagem de: a) geocomplexos, de acordo com a estrutura da paisagem, a partir da integração de geomorfologia, pedologia e geologia; e b) geofácies de acordo com a dinâmica de evolução da paisagem existente no período 1964-2019. A metodologia seguiu os seguintes passos: (1) montagem de banco de dados geográficos, (2) mapeamento dos geocomplexos e (3) classificação das tipologias de geofácies. Os resultados obtidos foram: dezenove geocomplexos com características das estruturas da paisagem, os quais foram subdivididos em cinco fácies que retratam as dinâmicas de evolução da paisagem baseadas nas mudanças de uso e cobertura da terra entre os anos de 1964 a 2019. A sobreposição desses resultados originou o mapa de geofácies, e a análise da tabela de atributos permitiu hierarquizar em classes os dados referentes às dinâmicas do uso do solo.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem; GEOBIA; Geofácies; Geocomplexos; SIG.

Abstract

This work proposes to integrate physical, ecological and social variables, based on the interdisciplinary and complex approach of Landscape Ecology, for the delimiting and characterizing the geosystems around the Morro São Pedro. This is an area of heterogeneous peri-urban landscape presenting multiple landscape dynamic processes and environmental problems. We mapped landscape units at the level of: a) geocomplexes according to the landscape structure based on the integration of geomorphology, pedology and geology; b) geofacies according to the dynamics of landscape evolution existing in the period 1964-2019. The methodology followed the following steps: (1) organization of geospatial database, (2) mapping of geocomplexes and (3) classification of geofacies typologies. The results obtained were the delimitation of nineteen geocomplexes, characterizing the landscape structure; as well five depicting the landscape evolution based on land use and cover changes between 1964 and 2019. The overlap of these results gave rise to the geofacies map, and the analysis of the table of attributes allowed the hierarchy of data regarding land use dynamics in classes.

Keywords: Landscape ecology; GEOBIA; Geofacie; Geocomplexos; GIS.

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Fundamentação Teórica	3
2.1 Conceito de Geossistemas e Unidades de Paisagem	3
3.2 Mapeamento de Unidades de Paisagem	4
2.3 Geossistemas e Planejamentos Territorial/ Gestão Ambiental	7
3 Área de estudo	9
3.1 Contexto Climático	12
3.2 Contexto geológico, geomorfológico e pedológico	13
4. Materiais e Métodos	19
4.1 Montagem do Banco de Dados Geográficos	19
4.2 Mapeamento dos geocomplexos	20
4.3 Mapeamento das geofácies	24
4.4 Trabalho de campo	31
5. Resultados e Discussões	33
5.1 Mapeamento dos Geocomplexos	33
5.2 Mapeamento das Fácies	38
6. Conclusões	46
7. Referências	48

Lista de Figuras

Figura 1- Localização da área de estudo.	11
Figura 2- Normal climatológica de temperatura (1981-2010) – Estação Meteorológica Porto Alegre nº 83967 (INMET, 2020).	12
Figura 3- Normal climatológica de precipitação pluviométrica (1981-2010) – Estação Meteorológica Porto Alegre nº 83967 (INMET, 2020)	13
Figura 4- Contexto geológico de Porto Alegre no estado. Mapa geológico simplificado do RS.	14
Figura 5-. Contexto geológico do município de Porto Alegre	14
Figura 6 - Mapeamento geológico da área de estudo.	16
Figura 7 - Mapeamento geomorfológico da área de estudo.....	17
Figura 8- Mapeamento pedológico área de estudo.....	18
Figura 9 - Fluxograma de metodologia.....	19
Figura 10 - MDE de 1 metro.....	21
Figura 11 - Níveis de segmentação multi-resolução de dados geomorfométricos usados no trabalho com parâmetro de escala 100 e 200.	22
Figura 12 - Agregação através de interpretação visual das UP	23
Figura 13 - Traçado do Perfil geoambiental do Morro São Pedro	24
Figura 14 - Fluxo metodológico para geração dos mapas de MUCT	25
Figura 15 –Trilha realizada em 15/02/2020.....	31
Figura 16 - Trilha Realizada pela comunidade Anhetengúá e pesquisadores	32
Figura 17 - Vista do Morro São Pedro.....	32
Figura 18 - Mapa de geocomplexos do entorno do Morro São Pedro. Classificação das UP	37

Figura 19 - Perfil dos geocomplexos do Morro São Pedro.....	38
Figura 20 - Agregação final dos processos de dinâmica da Paisagem- Fácies.	39
Figura 21 - Geofácies do Morro São Pedro.....	40

Lista de Quadros

Quadro 1 - Níveis hierárquicos espaço-temporais	6
Quadro 2 - Compatibilização de classes dos mapas de uso e cobertura da terra de 2002 (HASENACK, 2008) e de 2010 (PMPOA, 2010).	26
Quadro 3 - Classificação dos processos de MUCT	29
Quadro 4. Matriz de correlação geoambiental	34
Quadro 5- - Áreas e porcentagens das geofácies da área de estudo.Características paisagísticas dos modelados e geossistemas da área de estudo.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDG - Banco de Dados Geográficos

CX - Associação de cambissolos háplicos com neossolos litólicos ou neossolos regolíticos

GEOBIA - Análise de Imagens Orientada a Objetos Geográficas

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

MDE - Modelo Digital de Elevação

MUCT - Mudança de Uso e Cobertura da Terra

PV1 - Grupo indiferenciado de argissolos vermelhos e argissolos vermelhos-amarelos

PV2 - Associação de argissolos vermelhos e argissolos vermelhos - amarelos

PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PMPA - Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA)

RS - Rio Grande do Sul

SC - Santa Catarina

SG1 - Associação de Planossolos hidromórfico, gleissolos háplicos e plintossolos argilúvicos

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS - Sistema de Referência Geodésico para as Américas

SR - Sensoriamento Remoto

UEU - Unidades de Estruturação Urbana

UP - Unidade de Paisagem

UTM - Universal Transversa de Mercator

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico

1. Introdução

A Paisagem, “*sistema complexo adaptativo e integrado formado pela interação de variáveis físicas, ecológicas e sociais que atuam em sua formação, hierarquia, estrutura e dinâmica processual*” (FREITAS, 2013), sempre foi objeto de estudo de Geógrafos e naturalistas. Entretanto, tanto seu conceito, quanto suas abordagens metodológicas, passaram por ressignificações.

O estudo das formas do terreno pode ser feito por métodos tradicionais, julgamentos em termos qualitativos, ou paramétricos fornecendo uma base objetiva e uniforme para a identificação de sistemas terrestres (VALERIANO, 2004), entretanto, estes últimos apresentam custos elevados além de serem mais demorados. Esta realidade tornava alternativas como imageamento orbital e geoprocessamento formas de reduzir substancialmente estes custos, embora nem sempre com a mesma qualidade dos métodos tradicionais, porém ao menos com um grau aceitável de concordância com aqueles (VALERIANO, 2004).

Nesse contexto, o desenvolvimento de nova abordagem na área de SR e SIG, denominada Análise de Imagens Orientada a Objetos Geográficos (GEOBIA), mostra uma alternativa baseada no conhecimento do especialista, que permite classificar uma série de dados matriciais a partir de objetos vetoriais gerados por técnicas como segmentação multi-resolução. Substituindo a abordagem pixel-a-pixel, predominante na maioria dos softwares de Processamento Digital de Imagens (PDI), conforme citado por (BLASCHKE, 2010; FREITAS 2013).

A área escolhida foi o Morro São Pedro e seu entorno, localizada na Zona Extremo Sul de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A justificativa é o seu papel relevante como área de grande interesse ambiental; tendo sido indicada como prioritária para a conservação do ambiente pelos cidadãos porto-alegrenses, em pesquisas de diversas instituições e por técnicos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) (MULLER, S.C.; OVERBECK, G.; SETUBAL, R.B. 2011).

O Morro São Pedro apresenta grandes maciços com cobertura de remanescentes de Mata Atlântica, campos nativos e presença de grande quantidade de nascentes. Também serve de abrigo para uma rica fauna e flora silvestre, inclusive com a presença de espécies ameaçadas de extinção, como é o caso do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) e de felinos silvestres, como o gato-maracajá (*Leopardus wiedii*), uma espécie endêmica exclusiva do Morro São Pedro (*Alstroemeria albescens*) e ainda forte potencial para novas descobertas científicas (PORTO ALEGRE, 2017).

Tais características tornam o Morro São Pedro e seu entorno uma zona de Interesse Ambiental, passível de ações de preservação ambiental que culminaram na criação do Refúgio da Vida Silvestre do São Pedro, em 2017. A relevância do ambiente deve ser compreendida não só pelo viés ecológico, mas também como grande potencial de laboratório para o desenvolvimento da ciência e garantia dos princípios exposto no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA).

Desta maneira, o objetivo geral desta pesquisa foi integrar variáveis físicas, ecológicas e sociais, com base na abordagem interdisciplinar e complexa da Ecologia da Paisagem, para a delimitação e caracterização de geossistemas numa área de paisagem periurbana heterogênea, com presença de múltiplos processos de dinâmica da paisagem e problemas ambientais.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Mapear as unidades de paisagem em nível de geocomplexos de acordo com a estrutura da paisagem a partir da integração de geomorfologia, pedologia e geologia;
- Definir as unidades de paisagem em nível de geofácies de acordo com a dinâmica de evolução da paisagem existente no período 1964-2019.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, será apresentado o estado da arte da Ecologia da Paisagem visando a contribuição desta escola e a aplicação de técnicas de geoprocessamento para a identificação das estruturas da paisagem utilizando a metodologia de Análise de Imagens Orientadas à Objetos (GEOBIA).

2.1 Conceito de Geossistemas e Unidades de Paisagem

O termo “paisagem” como unidade de análise na geografia foi introduzido inicialmente por Alexander Von Humboldt (SOARES-FILHO,1998). Humboldt chamou de paisagem o “*caráter total de uma área geográfica*”, dessa forma ele procurava conhecer as inter-relações entre os componentes da paisagem. Embora o foco principal fosse as características físicas, havia referências a aspectos humanos (SOARES-FILHO, 1998).

Entretanto, foi na escola geográfica da antiga União Soviética que ocorreu a maior evolução desses estudos. Enquanto, no Ocidente, o tema era estreitado de forma a se tornar uma caracterização das feições fisiográficas, geológicas e geomorfológicas de uma dada região tornando-se sinônimo para forma de relevo (SOARES-FILHO, 1998). Segundo Naveh e Lieberman (1989), na escola geográfica da antiga URSS o conceito era desenvolvido com interpretação abrangente, incluindo os fenômenos orgânicos e inorgânicos e nomeando o estudo dessa totalidade como Geografia de Paisagem.

No século XX, anos 30, Carl Troll trabalhou unindo conceitos e campos de trabalho da geografia em relação à paisagem e da ecologia em relação ao ambiente natural. Troll convidou geógrafos e ecologistas a trabalharem conjuntamente, denominando a mesma de Geoecologia ou Ecologia da Paisagem (TROLL, 1939).

Essa ciência integraria a geosfera, biosfera e a noosfera - a esfera da mente humana (TROLL, 1971). A partir dessa abordagem, surgiram novas escolas e novos conceitos que aprofundaram a contribuição epistemológica, dentre eles a Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1975), a concepção de holon (KOESTLER, 1978), entre outros.

Sochava apresentou, em 1968, o conceito de geossistema, muito importante para a escola geográfica russa. Segundo Freitas (2013, p.8), essa escola “*busca uma compreensão global da paisagem em seus elementos físicos, ecológicos e sociais e seus ciclos e intercâmbios de matéria e energia*”. Desta forma, o conceito de geossistemas possibilita estabelecer hierarquias em níveis de relações físicas, ecológicas e sociais. Por ter sido criado em estações experimentais, serviu como base empírica para escolas geográficas se inspirarem e desenvolverem suas próprias metodologias para estudos integrados da paisagem com conceitos adaptados às particularidades de cada lugar, na França (TRICART; JONGE, 1992; BERTRAND; BERTRAND, 2002), Holanda (ZONNEVELD, 1988), Leste Europeu (HAASE, 1986) e diversos outros citados em Rougerie e Beroutchachvili (1991) e Freitas (2009).

No Brasil, Monteiro (2001) aplica a teoria geossistêmica integrada a teoria de holon apresentada por Koestler (1978). O conceito de holon afirma que partes e todo em sentido absoluto não existem. Todos os níveis: interações, entidades, moléculas, seres humanos e, seus sistemas sociais, podem ser consideradas todo no sentido de serem estruturas integradas e também partes de todos maiores, dos geossistemas mais simples aos geossistemas mais complexos. Por meio da metodologia integrada, Monteiro (2001) gera as unidades de Paisagem que, segundo Freitas (2013), apresentam uma base convergente a respeito da necessidade de uma compreensão integrada entre seres humanos e a natureza para uma aplicação eficaz de políticas de planejamento territorial.

3.2 Mapeamento de Unidades de Paisagem

Segundo Bertrand (1968), unidade de paisagem é uma classificação elementar do estudo da paisagem, indissociável do tempo e do espaço que ocupa no globo terrestre. Desta forma, esse sistema global é de unidades elementares em relação à formação da paisagem, “*esses sistemas são tão variados quanto numerosos*” (BERTRAND, 1968).

Entretanto, inúmeras vezes essas unidades de paisagem não são investigadas conjuntamente para a compreensão do espaço geográfico. Ademais, não raro, os aspectos culturais da paisagem são excluídos das análises. A perspectiva das unidades

de paisagem se propõe a analisar esses geossistemas a partir das biocenoses. Entende-se por biocenose:

um agrupamento de seres vivos, correspondendo, pela composição e pelo número das espécies e dos indivíduos, a certas condições médias do meio, agrupamento de organismos, ligados por uma dependência recíproca que se mantém por reprodução de maneira permanente” (BERTRAND, 1968, p. 142)

A biocenose, coloniza o geótopo que é o menor conjunto homogêneo do meio físico-químico (BERTRAND, 1968), ou seja, ele vai abarcar diversos sistemas, porém todos serão analisados numa perspectiva integradora. Ainda, segundo Bertrand (1968), “o sistema de classificação comporta seis níveis temporo-espaciais; de uma parte a zona, o domínio e a região; de outra parte, o geossistema, a geofácies e o geótopo”, como pode ser visto no Quadro 1.

Desta forma, a unidade de paisagem denominada como Zona refere-se ao nível equivalente às zonas climáticas e aos biomas. O nível hierárquico de Domínio, segundo Bertrand (1968), corresponde à unidade de 2ª grandeza, enquanto a Região Natural estaria no 3º ou 4º nível de grandeza (BERTRAND, 1968). Os três próximos níveis são entendidos como níveis inferiores, ainda segundo Bertrand (1968), o nível de Geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço, porque ele é compatível com a escala humana e por esse motivo também não é necessariamente homogêneo. Tal nível de Geossistemas pode apresentar diversos estágios da evolução. Cada um desses estágios consiste em uma Geofácies, “ligadas umas às outras por meio de uma série dinâmica que tende, ao menos teoricamente, para um mesmo clímax” (Bertrand, 1968). As Geofácies também indicam um potencial ecológico e uma exploração biológica e acima de tudo são dinâmicas. Por fim, o nível mais detalhado de estudo é denominado Geótopo, trata-se da menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno (BERTRAND, 1968).

Quadro 1 - Níveis hierárquicos espaço-temporais

Unidades da Paisagem	Escala Temporo Espacial (A. Caileux J. Tricart)	Exemplo tomada numa mesma série de Paisagem	Unidades Elementares				
			Relevo (1)	Clima (2)	Botânica	Biogeografia	Unidade Trabalhada pelo Homem (3)
Zona	G.I. grandeza G.I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
Domínio	G.II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
Região Natural	G. III-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
Geossistema	G. IV-V	Atlântico Montanhas (cálcário sombreado com faixa higrófila a <i>Asperula odorata</i> em terras fusca")	Unidade estrutural	local		Zona equipotencial	
Geofácies	G. VI	Prado de ceifa com Molínio_Arre			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
Geótopo	G. VII		Microclima	Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

Fonte: Bertrand (1968)

Para Monteiro (2001), a riqueza de interações de um espaço territorial não pode ser apresentada segundo um raciocínio linear, exibido em sequência dos diferentes tópicos. Desta maneira, o geoprocessamento de dados geoespaciais em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é um dos principais métodos de mapeamento de unidades de paisagem. Isto está atrelado à aplicação da abordagem metodológica da Ecologia da Paisagem, fornecendo uma pluralidade de soluções orientadas ao suporte de políticas públicas (ou grupos autônomos), devido à inerente complexidade das paisagens e dos fenômenos do ambiente real (FREITAS e SANTOS, 2014).

O mapeamento baseado em Análise de Imagens Orientada a Objetos Geográficos (GEOBIA) de maneira hierarquizada e baseada no conhecimento do especialista permite segmentar uma série de dados matriciais em objetos vetoriais gerados por técnicas como segmentação multiresolução (FREITAS; SANTOS, 2014). Um referencial para esta pesquisa foi o mapeamento de geossistemas e geofácies desenvolvido por Freitas e Carvalho (2009) no Nordeste brasileiro baseado na caracterização da dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra num período de 24 anos. Já Freitas e Santos (2014) utilizaram os princípios de hierarquização da paisagem em hólons, conforme tratado por Monteiro (2001) para o zoneamento hierárquico da paisagem na região do Alto Uruguai (SC e RS).

2.3 Geossistemas e Planejamentos Territorial/ Gestão Ambiental

As tradicionais escolas geográficas (Alemã, Francesa e Russa) usualmente buscaram uma concepção integrada entre natureza e sociedade. Segundo Cunha e Freitas (2009), após a Segunda Guerra Mundial, a geografia direcionou-se para o planejamento territorial e daí derivaram novas teorias.

A escola russa desponta com o conceito de geossistemas: unidades espaciais integrando os aspectos físicos, ecológicos e sociais da paisagem, com uma dinâmica relacionada aos fluxos termodinâmicos de matéria e energia (CUNHA; FREITAS 2004) apresentado por Sochava (1977) e depois amplamente adaptado. Ainda, segundo Bertrand (2004), os geossistemas são formados pelo potencial ecológico (fatores físicos), pela exploração biológica (fatores biológicos) e pela ação antrópica, apresentando uma

dinâmica integrada e relacionada diretamente aos processos de biostasia e resistasia (ERHART 1962, 1966).

Desta maneira, a aplicação dos geossistemas pode auxiliar o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente regulamentado pelo Decreto n.º 4.297/2002. O ZEE é utilizado para planejamento, buscando a geração de indicadores tais como: potencialidades e fragilidades dos meios físico, biótico e socioeconômico, exatamente o que pode ser avaliado quando analisadas as dinâmicas do terreno.

3 Área de estudo

A área de estudo está localizada na porção leste do município de Porto Alegre, mais precisamente nos bairros Pitinga, Lomba do Pinheiro, São Caetano, Restinga, Lageado, Chapéu do Sol e Boa Vista do Sul, como mostra a Figura 1.

Estes bairros apresentam usos e coberturas da terra diversificadas. A barreira natural para o processo de urbanização é dada pela geomorfologia da área de estudo que apresenta o Morro São Pedro com 289 metros de altitude, Morro do Tapera (252 m) e Morro da Extrema (214 m) constituindo as manchas verdes de cobertura da terra no mapa. Tal condição torna a área relativamente desvinculada da malha urbana contínua e compacta de Porto Alegre, sendo caracterizada como área rururbana pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) de Porto Alegre (PMPOA, 1999).

A área está inserida na Unidades de Estruturação Urbana (UEUs) 50 da Macrozona 8¹ e possui 7 (sete) subUEUs, distinguindo peculiaridades internas de acordo com a ocorrência de elemento urbanístico específico: eixo viário estruturador, área de interesse social, elementos naturais a preservar, topografia local (PMPOA, 1999).”

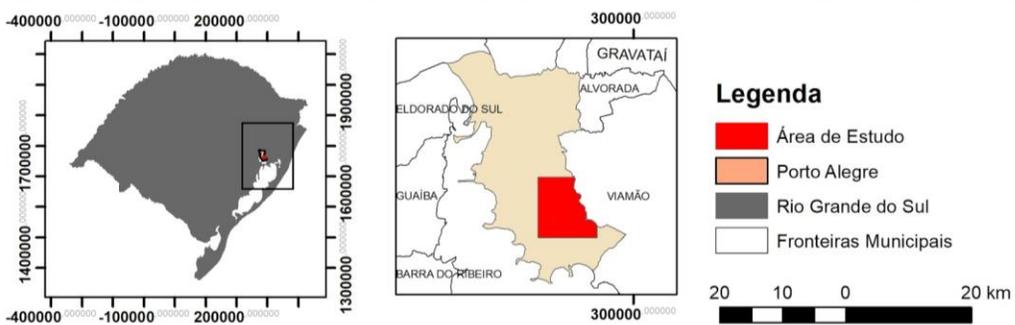
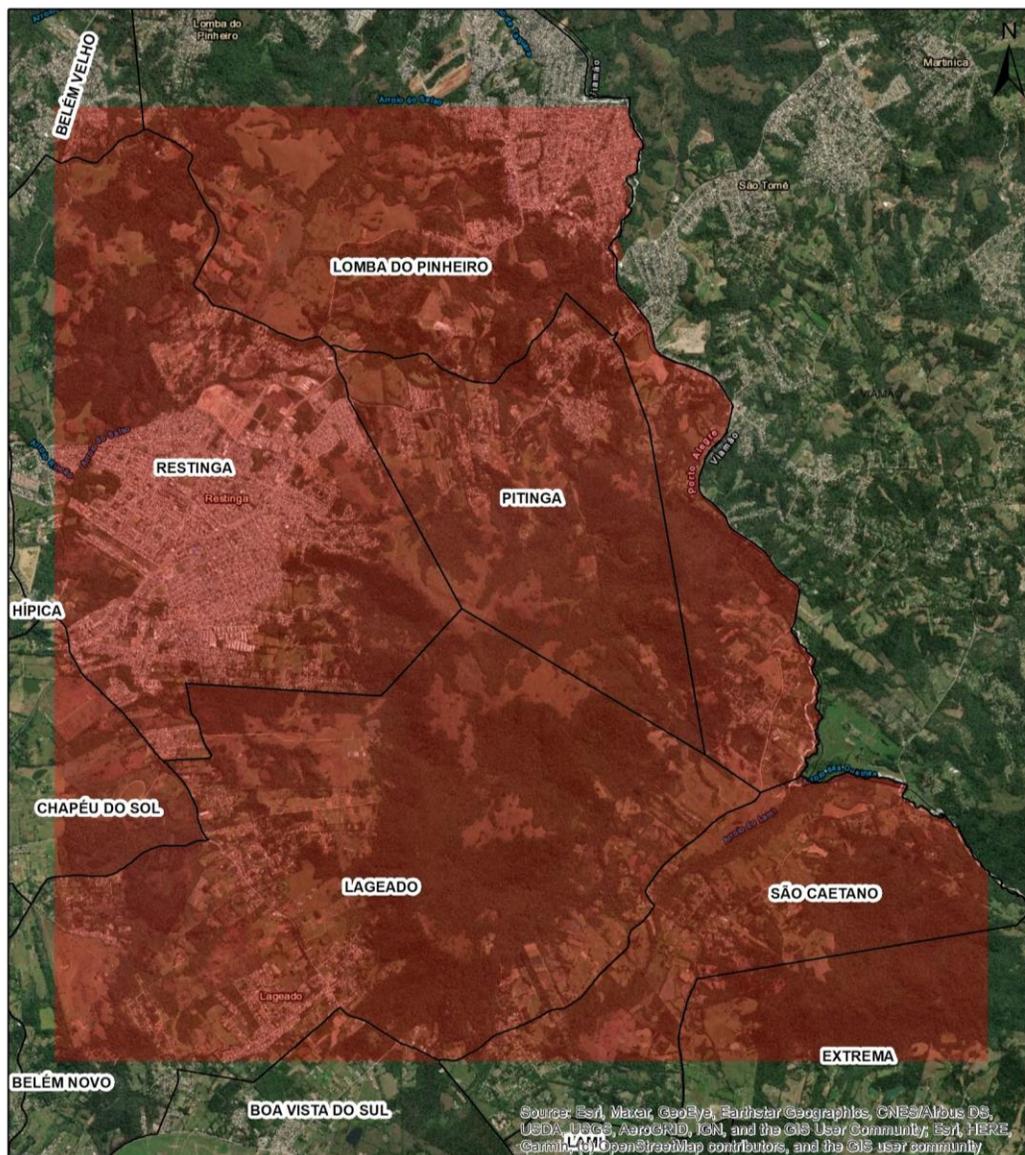
Assumindo o papel de barreira para urbanização e, conseqüente, proteção desses ecossistemas naturais, existe dentro da área de estudo a aldeia Tekoá Anhetenguá, localizada entre os bairros Lomba do Pinheiro e Pitinga e o Refúgio de Vida Silvestre São Pedro, no morro de mesmo nome, que consiste em uma Unidade de Conservação (UC) da natureza de Proteção Integral.

Cabe ressaltar que a área de estudo também representa um importante corredor ecológico, uma vez que está posicionada entre o Parque Natural Municipal Saint-Hilaire a norte e a Reserva Biológica do Lami a sul, importantes manchas de vegetação natural.

¹ O Regime Urbanístico de cada Macrozona (MZ) é definido de acordo com as peculiaridades do local, que podem justificar a sua subdivisão em territórios menores, as UEUs e SubUEUs. Estas são identificadas por uma codificação numérica (MZ 8 UEU 050 subUEU 01), distinguindo o Regime Urbanístico previsto para os imóveis inseridos em cada perímetro. Fonte: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/guia_pddua.pdf

Além disso, é nesta região que nasce a maior parte dos principais arroios que compõe a rede de drenagem do município (MENEGAT, 2006).

Figura 1- Localização da área de estudo.



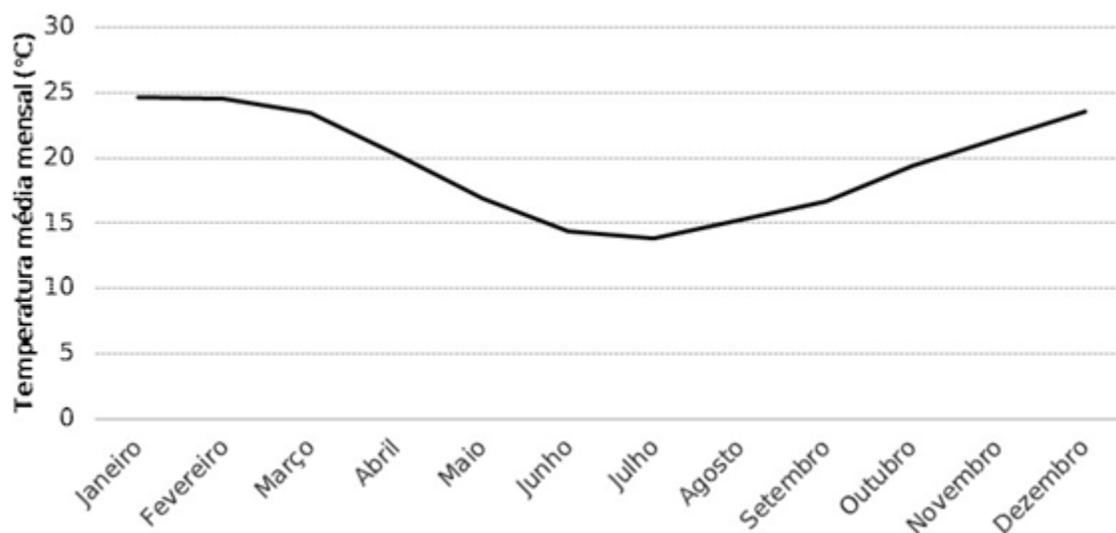
Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 Contexto Climático

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Porto Alegre é do tipo subtropical sempre úmido com verões quentes, pertencendo ao grupo climático Cfa (ROSSATO,2011).

De acordo com a normal climatológica (1981-2010), disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, a temperatura média anual de Porto Alegre é de 19,6°C e as temperaturas médias mensais são apresentadas na Figura 2, oscilando ao longo do ano entre 13,8°C em junho mês com as menores temperaturas e 24,7°C em janeiro, mês mais com período com a maior média.

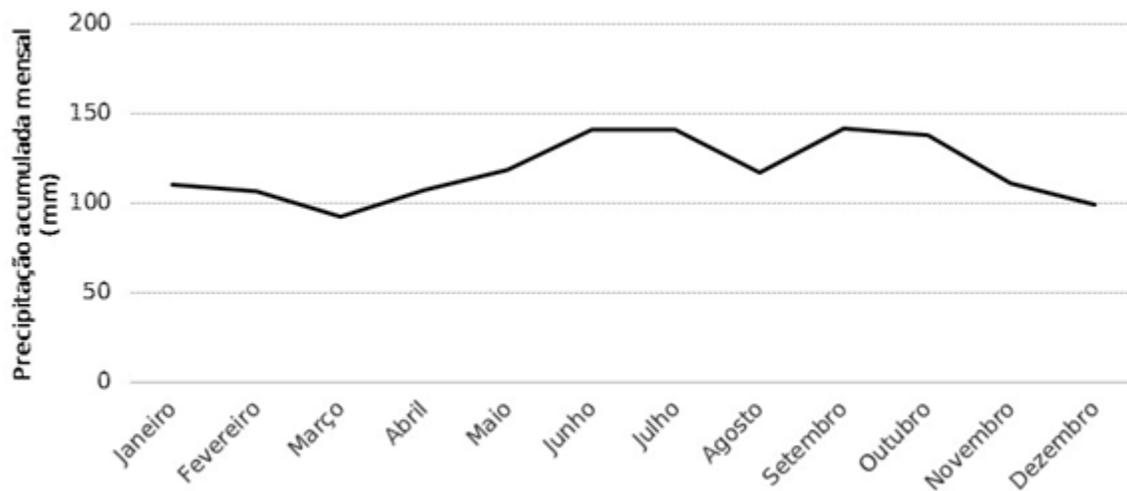
Figura 2- Normal climatológica de temperatura (1981-2010) – Estação Meteorológica Porto Alegre nº 83967 (INMET, 2020).



Fonte: Elaborado pela autora

Em relação a precipitação pluviométrica anual acumulada, a normal climatológica (1981-2010), apresenta uma média de 1425,2 mm. As normais das precipitações mensais acumuladas são apresentadas na Figura 3 oscilando os picos de chuva ao longo do ano (maiores volumes entre junho e outubro), ocorrendo a menor média normal no mês de março (92,2 mm) e a maior em setembro (141,5 mm).

Figura 3- Normal climatológica de precipitação pluviométrica (1981-2010) – Estação Meteorológica Porto Alegre n° 83967 (INMET, 2020)



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 Contexto geológico, geomorfológico e pedológico

Porto Alegre está na área de contato dos compartimentos morfoestruturais Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense e a Planície Costeira. Enquanto a Planície litorânea apresenta sedimentos recebido da Depressão Central proporcionando áreas planas, o Planalto Uruguaio é composto por rochas cristalinas e cristalizadas que formam um Padrão em forma de morros, morros associados com colinas, e de morros isolados e em forma de colinas. Além disto também se observa áreas planas de origem antropogênica (MOURA, 2014).

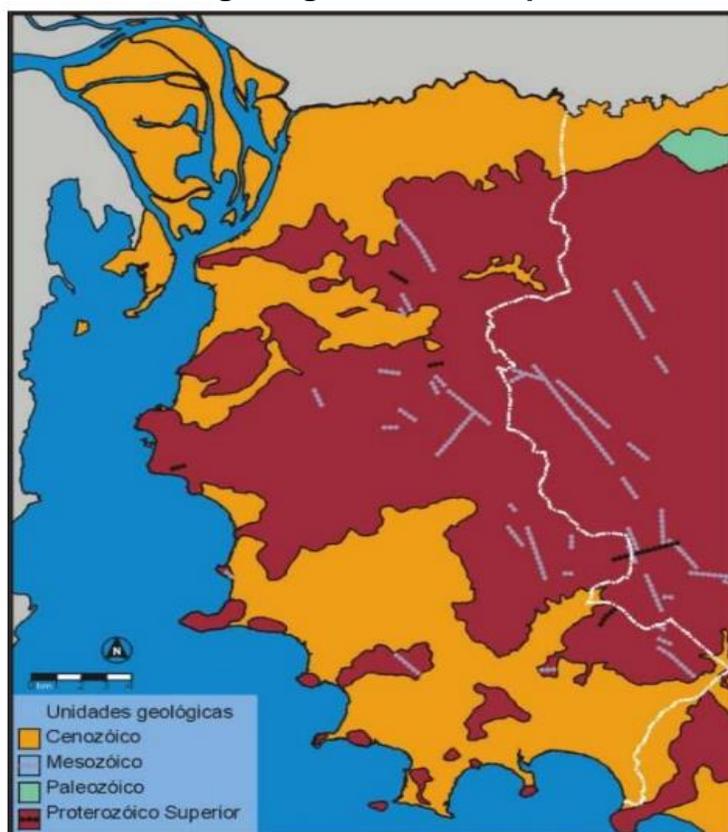
No tocante à idade dos minerais (Figura 4), a capital representa os principais ambientes e períodos de formação das rochas da porção sul do Brasil (MENEGAT al., 2006). Ainda, segundo Menegat (2006), as rochas mais antigas de Porto Alegre formaram-se no Ciclo Brasileiro, final do Período Proterozoico e constituindo o padrão em forma de Morros (MOURA, 2014) e as mais novas do período Cenozoico referentes ao Padrão em forma de Colinas (MOURA, 2014) (Figura 5).

Figura 4- Contexto geológico de Porto Alegre no estado. Mapa geológico simplificado do RS.



Fonte: Menegat et al. (2006, p.13.)

Figura 5-. Contexto geológico do município de Porto Alegre



Fonte: Menegat et al. (2006, p.11)

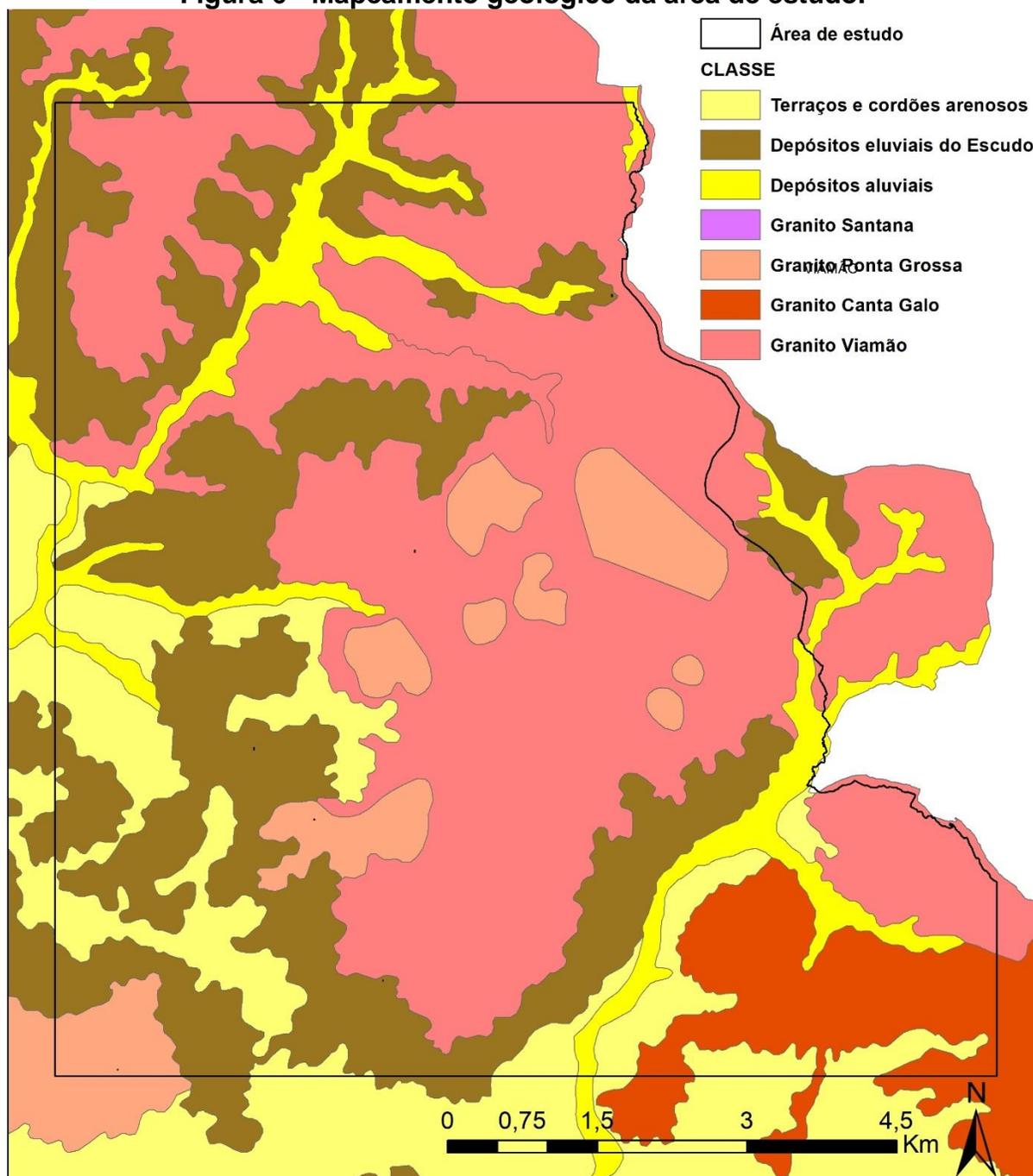
Segundo o mapeamento de Hasenack (2008), a área de estudo apresenta três tipos de formações Graníticas: Canta Galo, Ponta Grossa e Viamão (Figura 6). O Granito Canta Galo aparece no Morro da Extrema e São Caetano tendo sua geomorfologia como um morro alongado (PHILLIP,1998). Seus afloramentos são raros tendo sido muito utilizado como fontes de saibro para a Região de Porto Alegre, a mineração resultou na formação de uma cava que mais recentemente foi utilizada como aterro sanitário para resíduos sólidos domésticos -Aterro Sanitário da Extrema (PHILLIP, 1998). O solo que acompanha este granito é o mais diverso, com porções de CX (associação de cambissolos háplicos com neossolos litólicos ou neossolos regolíticos), PV2 (associação de argissolos vermelhos e argissolos vermelhos - amarelos), PV1 (grupo indiferenciado de argissolos vermelhos e argissolos vermelhos-amarelos), e SG1 (associação de planossolos hidromórfico, gleissolos háplicos e plintossolos argiluvicos). Essa mescla de solos faz sentido ao analisarmos a geomorfologia do ambiente (Figura 7) que apresenta neste padrão um relevo ondulado e fortemente ondulado característicos dos solos CX, PV1 e PV2. Já o tipo de solo SG1 ocorre em planícies aluviais e lagunares com micro relevo, (HASENACK, 2008) ambiente característico das planícies fluvio-lagunares que ocorrem nos micro relevos existentes no morro da Extrema. Os contatos do Granito Canta Galo com o Granito Viamão são cobertos em grande parte pelos depósitos aluviais provenientes da Bacia do Rio Gravataí.

O granito Viamão, mais extensa e antiga unidade Plutônica aflorante da cidade (PHILLIP, 1998), possui coloração cinza, porém, devido às alterações da exposição aos fatores naturais, os materiais aflorantes apresentam tons mais claros (cinza, amarelo e laranja). Amplamente utilizado na construção civil como “brita”, e revestimentos dos prédios da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e do Banco Santander (PHILLIP, 1998). O padrão geomorfológico é de “Morros” e está recoberto a leste pelos depósitos eluviais do escudo. Na área de estudo o tipo de solo que aparece associado a essa rocha é o CX e PV2 que tendem a ocorrer em áreas de maior declividade.

Por fim, o Granito Ponta Grossa, está inserido num relevo de morros e cristas (PHILLIP, 1998). Na área de estudo, a ocorrência desta rocha é notada pelos Morros São Pedro e Tapera da onde foram extraídos blocos e alicerces de antigas pedreiras

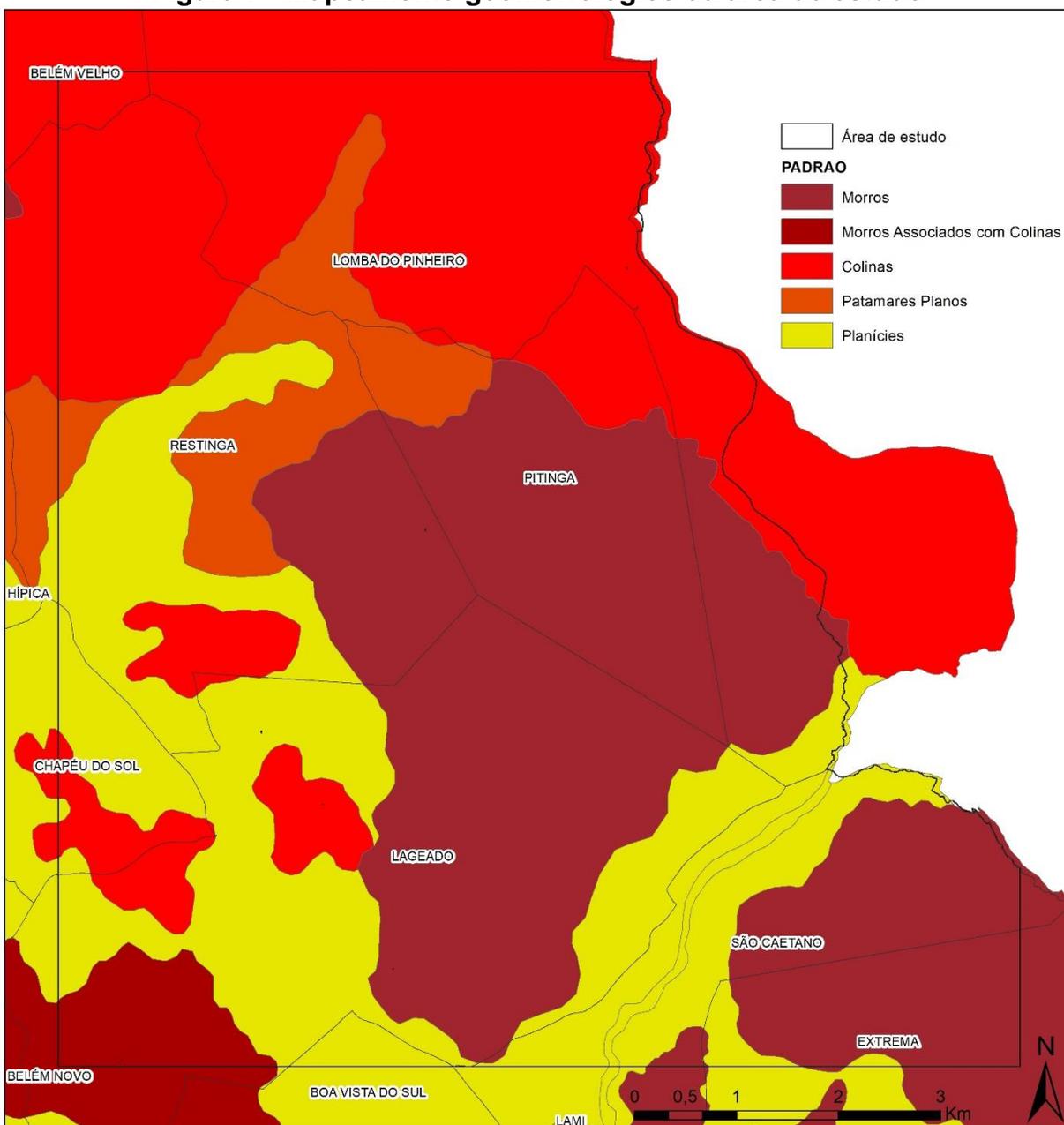
para uso na construção civil. Na Figura 8 observa-se que a presença deste granito está associada aos solos CX e PV2, pouco desenvolvidos e de cor castanho-claro a alaranjada (HASENACK, 2008).

Figura 6 - Mapeamento geológico da área de estudo.



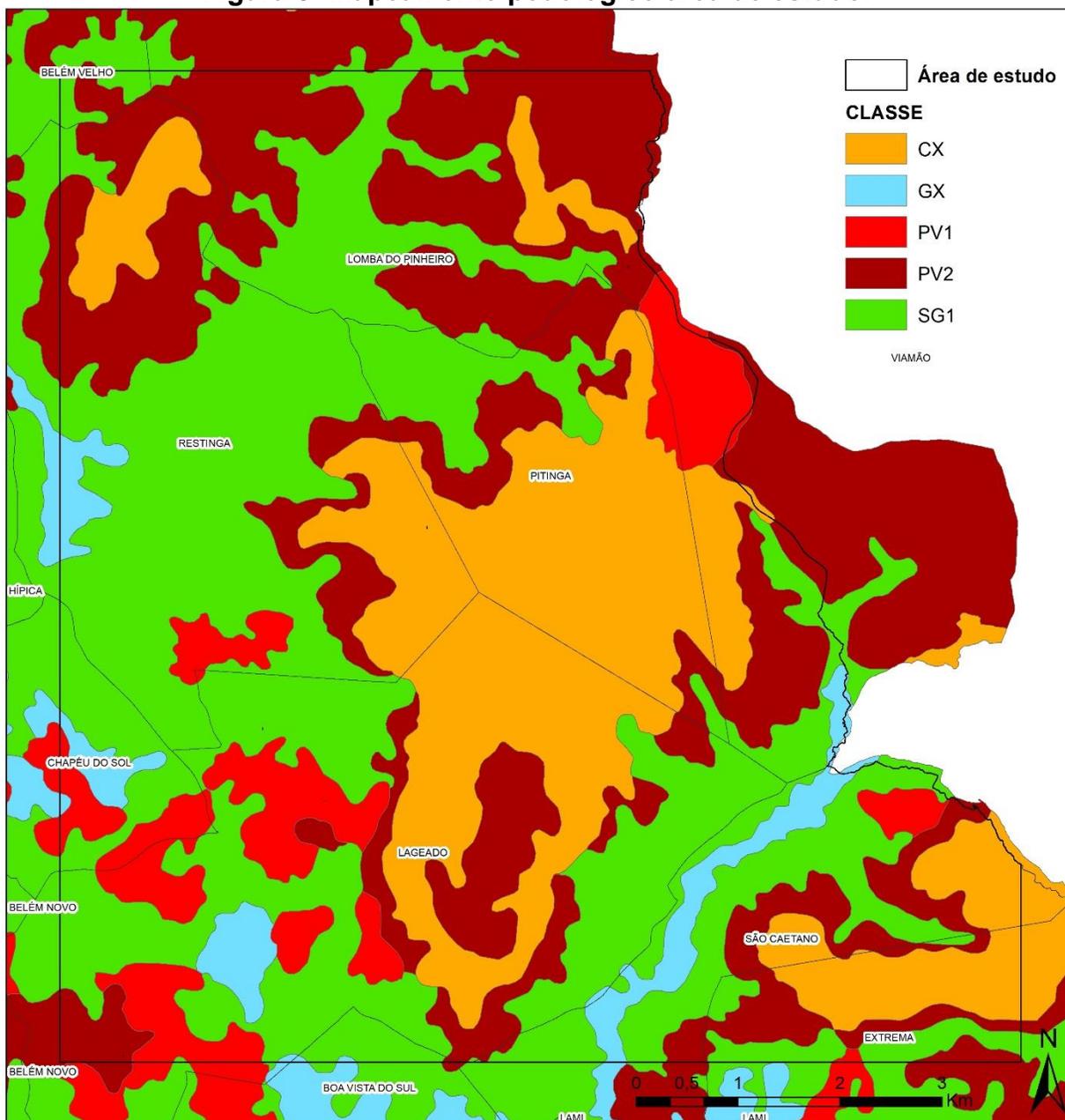
Fonte: Modificado de Hasenack (2012).

Figura 7 - Mapeamento geomorfológico da área de estudo



Fonte: Modificado de Moura (2014).

Figura 8- Mapeamento pedológico área de estudo.

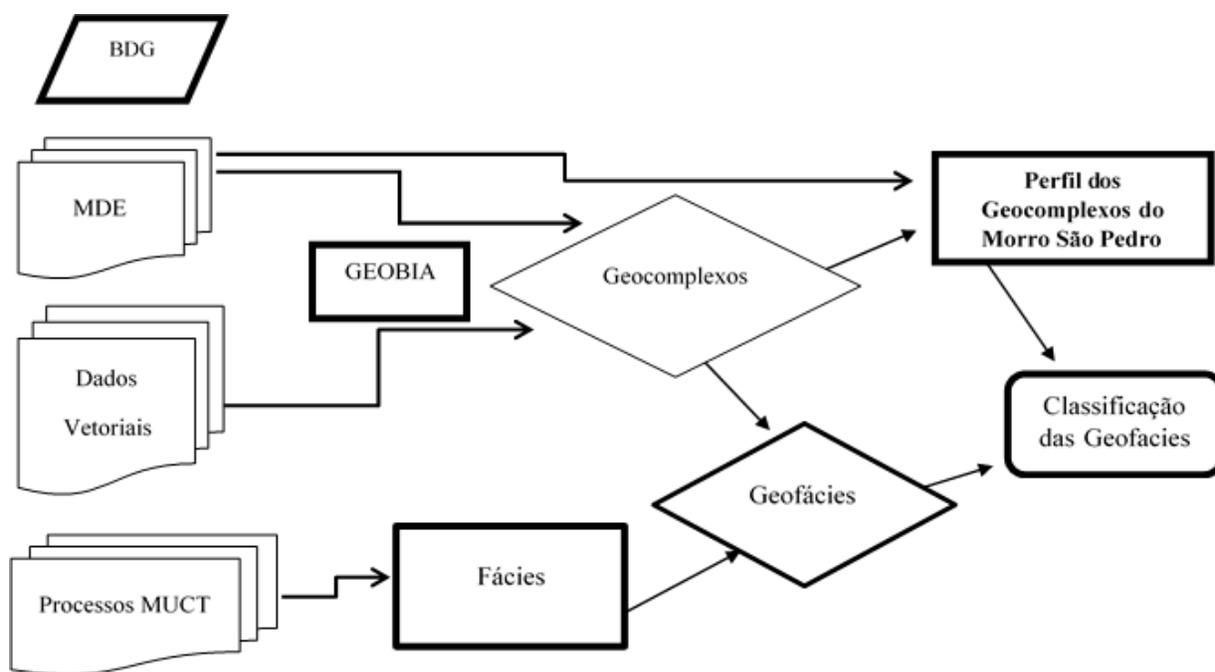


Fonte: Modificado de Hasenack (2012).

4. Materiais e Métodos

Neste capítulo, são apresentados os materiais e passos metodológicos desenvolvidos na pesquisa, seguidos pelo fluxograma representado na Figura 9. As etapas metodológicas foram as seguintes: a) montagem de banco de dados geográficos; b) Análise de Imagens de Objetos Geográficos (GEOBIA) e c) classificação das tipologias de geofácies.

Figura 9 - Fluxograma de metodologia



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 Montagem do Banco de Dados Geográficos

A montagem do banco de dados geográficos (BDG) foi composta por Modelo Digital de Elevação (MDE) com 1 metro de resolução espacial, gerado a partir de curvas de nível e pontos cotados da área de estudo com escala de 1:1.000 oriundas do levantamento aerofotogramétrico de 2010 da Prefeitura de Porto Alegre (PMPOA, 2010). Tal mapeamento utiliza o SIRGAS-2000 como sistema de referência geodésico na projeção UTM.

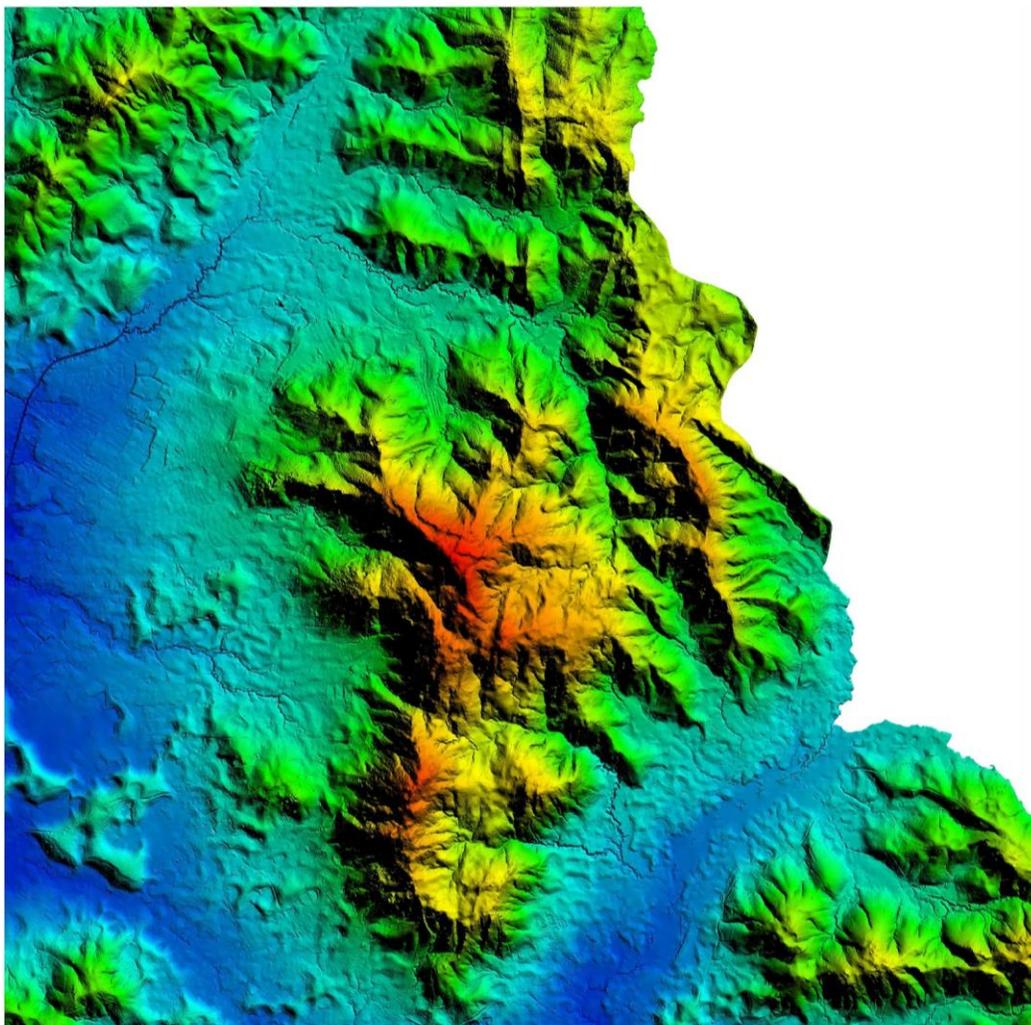
Os dados vetoriais de Pedologia e Geologia foram obtidos do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre com escala de 1:15.000, (HASENACK, 2008). A Geomorfologia foi proveniente do “*Mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada - RS*” (MOURA, 2013) com escala de 1:50.000.

Além disso, também foram utilizados os arquivos vetoriais de divisão dos bairros de Porto Alegre, (PPDUA, 2016), em escala 1:15.0000; da divisão Política do Estado Rio Grande do Sul (IBGE, 2010), em escala 1:500.000 e o Mapa de Mudança de Uso e Cobertura da Terra (MUCT) entre 1964 e 2019, proveniente do levantamento de Carvalho (2019), em escala 1:1.000.

4.2 Mapeamento dos geocomplexos

As Unidades de Paisagem - UP são entendidas como os mosaicos de paisagem definidos por características geoambientais relacionadas ao ambiente biofísico e fisiográfico. Tal unidade de estrutura da paisagem foi denominada como geocomplexo, de acordo com denominação proposta por Bertrand e Bertrand (2002), equivalente ao nível hierárquico de geossistema de acordo com Bertrand (1972).

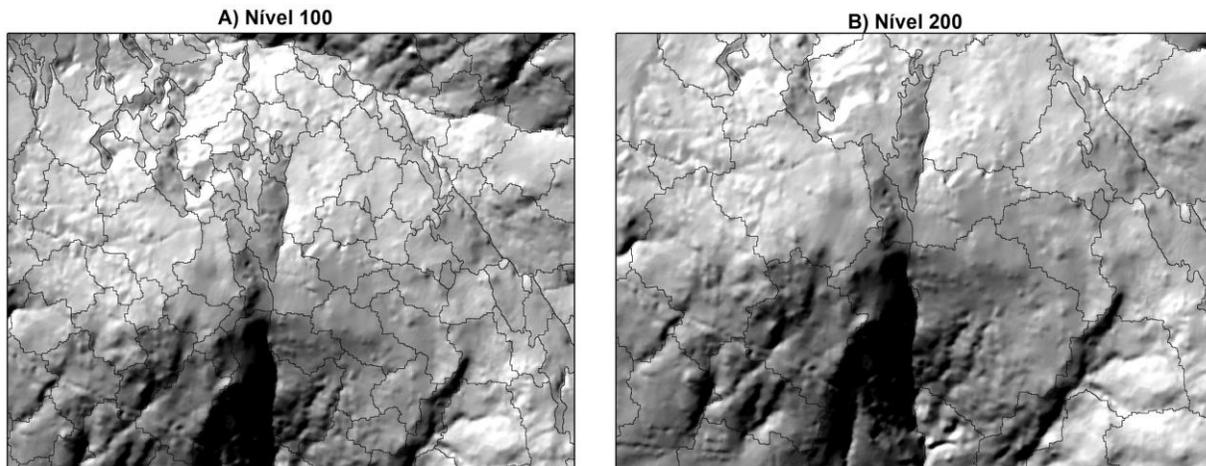
A delimitação dos geocomplexos teve início com a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e de produtos geomorfométricos como declividade, orientação de vertentes e sombreamento do relevo (Figura 10). O MDE baseou-se nos dados topográficos do levantamento aerofotogramétrico de Porto Alegre de 2010 (PMPOA, 2010) que passaram por processo de correção de valores negativos e interpolação na resolução de 1 metro através de tratamento geoestatístico (interpolação através da função *Topo to Raster* do *software* ArcGIS) (FREITAS,2014). Além disso, foram derivados do MDE produtos como declividade, orientação de vertentes e relevo sombreado (VALERIANO, 2004).

Figura 10 - MDE de 1 metro

Fonte: Elaborado pela autora.

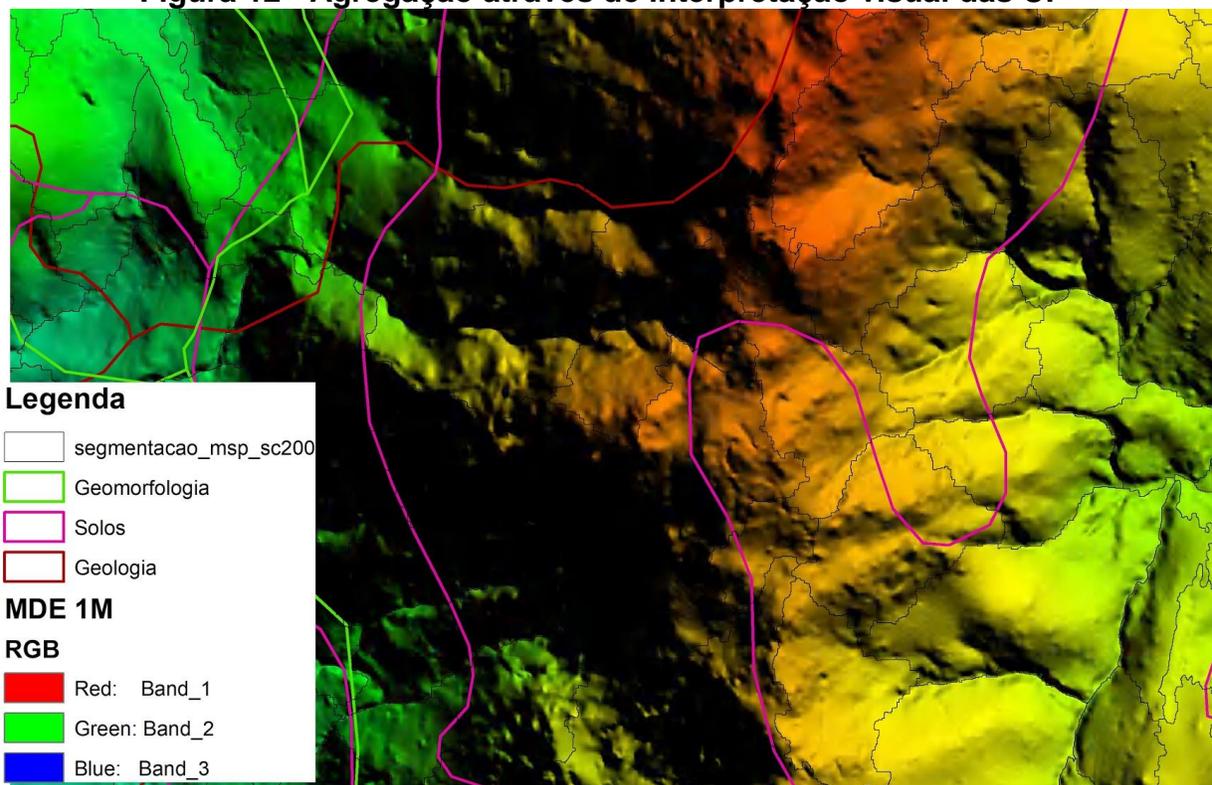
Para a regionalização e delimitação dos geocomplexos foi utilizada a metodologia de GEOBIA que consiste em segmentar os objetos da imagem, delimitando regiões homogêneas (DESCLÉE et al., 2006). Neste trabalho, o método de segmentação multi-resolução foi utilizado a partir de dados geomorfométricos (MDE, declividade, e orientação de vertentes) nos níveis de segmentação 100 e 200 unidades de Pixel no *software* Ecognition (Figura 11).

Figura 11 - Níveis de segmentação multi-resolução de dados geomorfométricos usados no trabalho com parâmetro de escala 100 e 200.



Fonte: Elaborado pela autora.

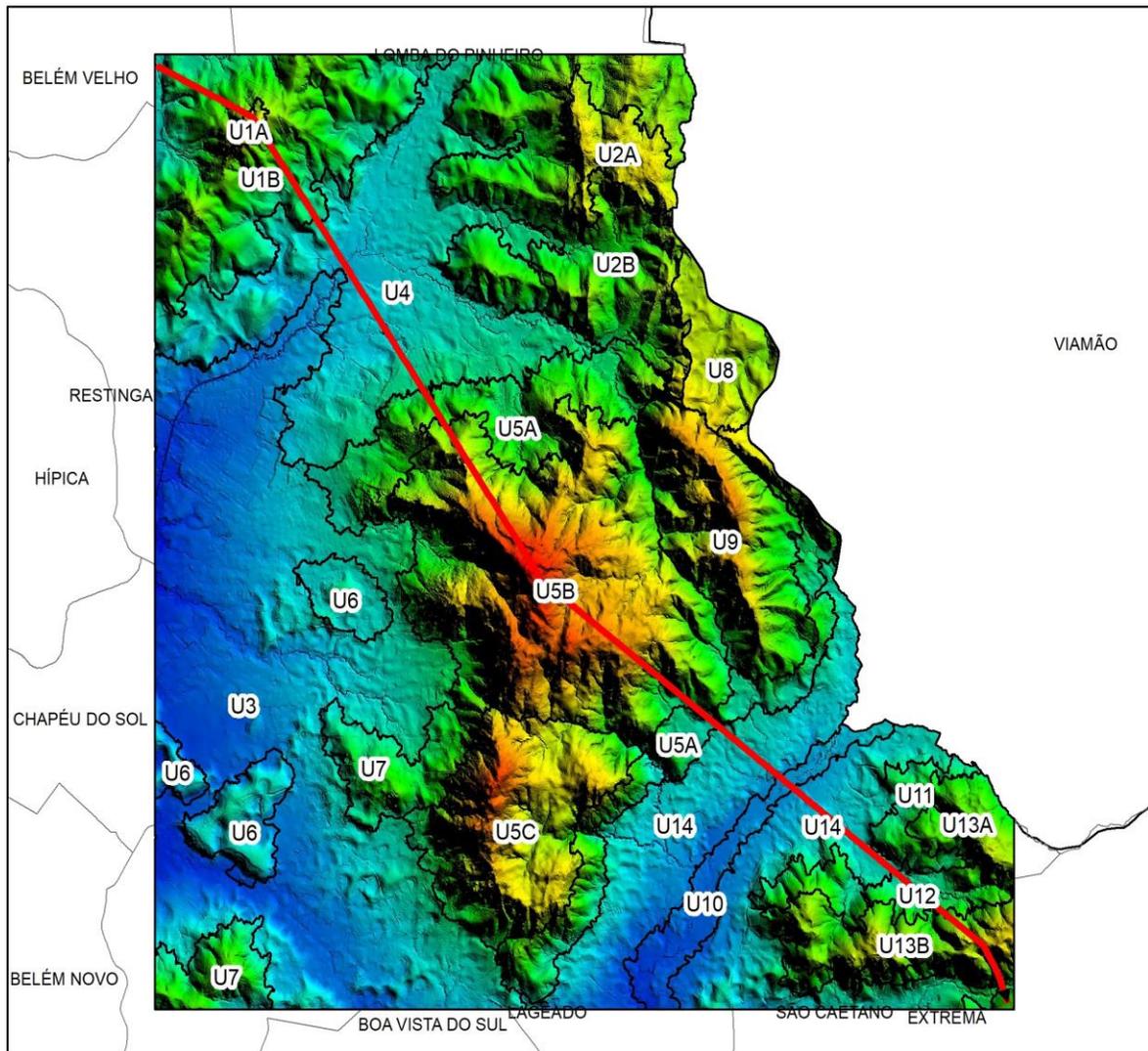
Por fim, foi feita a agregação de tais objetos gerados com os parâmetros de escala com variação de 100 até 200 (utilizou-se como parâmetros de forma=0,8, cor = 0,2 e compacidade = 0,5) através de interpretação visual da estrutura de paisagem. A interpretação visual da estrutura da paisagem foi baseada no MDE e relevo sombreado sobrepostos com arquivos vetoriais de pedologia e geologia disponibilizados pelo Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK, 2008) na escala 1:15.000 e de geomorfologia na escala 1:50.000 (MOURA, 2013). Este procedimento foi realizado através de um processo interativo de interpretação dos dados cartográficos e do MDE e de agregação de polígonos gerados na segmentação nos dois níveis de segmentação utilizados (Figura 12).

Figura 12 - Agregação através de interpretação visual das UP

Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda, para uma melhor visualização das características estruturais da paisagem, foi realizado o perfil geoambiental da área com base no perfil topográfico processado no *software* ArcGIS com base no MDE reamostrado para a resolução de 100 metros por convolução cúbica. O transecto foi traçado no sentido noroeste-sudeste do mapa, passando pelo maior número de Unidades de Paisagem da área de estudo (Figura 13).

Figura 13 - Traçado do Perfil geambiental do Morro São Pedro



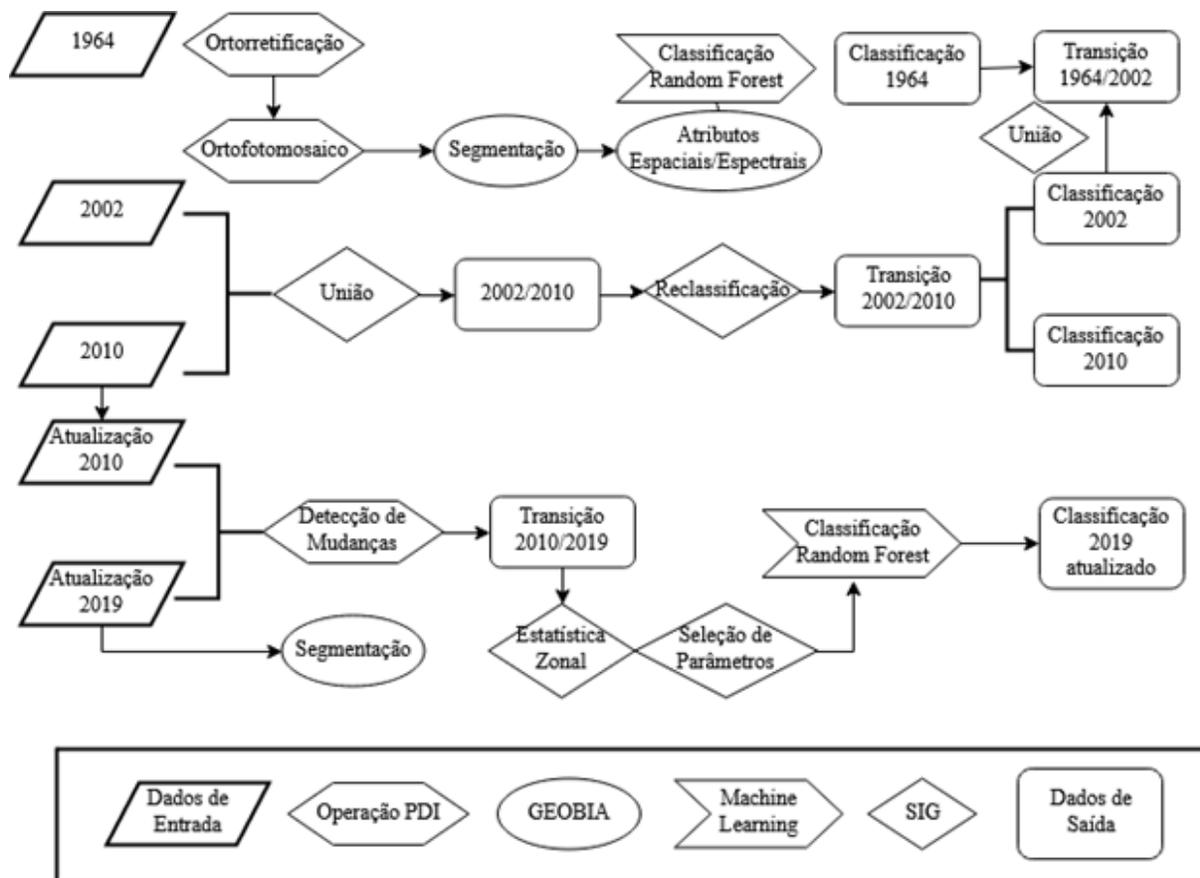
Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Mapeamento das geofácies

Os processos de dinâmica da paisagem retratam a dinâmica de evolução da paisagem a partir das mudanças de uso e cobertura da terra. A definição de tais processos permite a subdivisão dos geocomplexos no nível hierárquico de geofácies a fim de caracterizar a dinâmica da paisagem pelos mosaicos com diferentes estágios sucessionais da cobertura vegetal (recuperação, degradação ou conservação) e pelas fácies culturais de cunho antrópico (BERTRAND, 1972, FREITAS, 2014).

O mapeamento das mudanças de uso e cobertura da terra (MUCT) foi gerado por Carvalho (2019) a partir de múltiplos dados cartográficos e imagens multitemporais de 1964, 2002, 2010 e 2019, de acordo com metodologia expressa no fluxograma da Figura 14..

Figura 14 - Fluxo metodológico para geração dos mapas de MUCT



Fonte: Carvalho (2019).

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas com base na compatibilização das classes dos mapas de 2002, do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (Hasenack, 2008), e de 2010 do levantamento aerofotogramétrico da Prefeitura de Porto Alegre (PMPOA, 2010), como pode ser visto no Quadro 2

Quadro 2 - Compatibilização de classes dos mapas de uso e cobertura da terra de 2002 (HASENACK, 2008) e de 2010 (PMPOA, 2010).

Classe Anhetengué	Código	Classe 2002*	Sub-classe 2002*	Legenda*	Classe 2010**
Floresta	1	Vegetação	Vegetação Natural	Mata Nativa	Árvores
				Mata Nativa com Exóticas	Mata
				Mata Degradada	
				Arbustivo Transição Mata	
				Bosque	
Campo	2	Vegetação	Vegetação Natural	Arbustivo Transição Campo	Alagado
				Banhado	
				Campo Nativo	
				Campo Rupestre	
				Afloramento Rochoso	
Campo Antropizado	3	Ocupação	Antrópico Rural	Campo Manejado	Pastagem
				Campo Degradado	

Classe Anhetengué	Código	Classe 2002*	Sub-classe 2002*	Legenda*	Classe 2010**
Cultura	5	Ocupação	Antrópico Rural	Lavoura Perene	Cultura
				Lavoura Sazonal	Hortaliça
					Pomar
Silvicultura	4	Ocupação	Antrópico Rural	Silvicultura	Reflorestamento
Urbano	7	Ocupação	Antrópico Urbano	Edifícios	Escola
				Edifícios e Casas	Hospital
				Casas	Igreja
				Casas Isoladas	Notável
				Edifícios e casas	Sem Classe
				Ocupação Espontânea	
				Pavilhões	
				Casas	
				Vias	
				Solo Exposto	
Água	8	Água	Corpos d'Água	água	Barragem
					Lago

Classe Anhetenguá	Código	Classe 2002*	Sub-classe 2002*	Legenda*	Classe 2010**
					Represa

Fonte: Carvalho (2019).

Às classes de uso e cobertura mostram que a área apresenta dois estágios da vegetação nativa. A Floresta, composta por árvores e arbustos de grande porte e o Campo, por sua vez de porte rasteiro formado por banhados, arbustos e campos nativos com algumas ocorrências de rochas aflorantes.

O terreno também apresentou ocupação de cunho antrópico, com características rurais ou urbanos. As rurais são compostas por parcelas do solo com finalidades agrícolas tais como campos manejados, campos degradados, lavouras de culturas, e Silvicultura. Não obstante, o uso antrópico urbano revela porções de urbanização do solo.

Desta maneira, os processos de dinâmica da paisagem no período de 1964 até 2019 foram definidos a partir de mosaicos com diferentes processos de evolução da paisagem (recuperação, degradação ou conservação) e pelas fácies culturais de cunho antrópico (Freitas, 2014). Os processos de dinâmica da paisagem foram classificados conforme os processos de MUCT e agrupados em Fácies conforme demonstrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos processos de MUCT .

Processo MUCT	Transição 64-19 (código Quadro 2)	Fácies
Floresta Conservada	1-1	Conservação
Campo Conservado	2-2	
Degradação Florestal	1-2; 1-3; 1-4;1-5	Degradação
Degradação Campo;	2;3; 2-4; 2-5;	
Expansão Campo;	8-5; 3-5;	Antrópica Estável
Expansão Silvicultura;	5-4; 8-4; 3-4;	
Sem transição	3-3; 4-4; 5-5;	
Regeneração Campo;	1-8; 2-1; 2-8.	Regeneração
Regeneração Florestal;	3-1; 5-1; 8-1;	
Urbanização	1-7; 2-7; 3-7; 4-7; 5-7; 8-7; 7;7	Urbanização

Fonte: Elaborado pela autora.

Desta forma, as fácies representam a evolução da paisagem com base nos processos de MUCT, podendo ser divididas em fácies com característica natural (fácies de conservação e regeneração) e fácies de cunho antrópico (fácies de degradação, antrópica estável e de urbanização). Para a definição da Fácies, os processos de mudanças de uso e cobertura da terra foram agregados a partir da teoria de bio-resistência de Erhart (1955) e da “Ecodinâmica” de Tricart (1977).

Tal análise considera que “*uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses*” (ROSA, 2017). Dessa forma, os processos de MUCT foram agrupados de acordo com comportamentos compatíveis com os conceitos de biostasia e resistasia de Erhart (1955) e de ecodinâmica de Tricart, (1977). O primeiro sendo substituído pelo termo “fitoestasia” - devido à vegetação corresponder ao principal agente da estabilização (TRICART, 1977). Na biostasia predomina a pedogênese com pouca atuação dos processos mecânicos, o que contribui para uma evolução lenta do modelado.

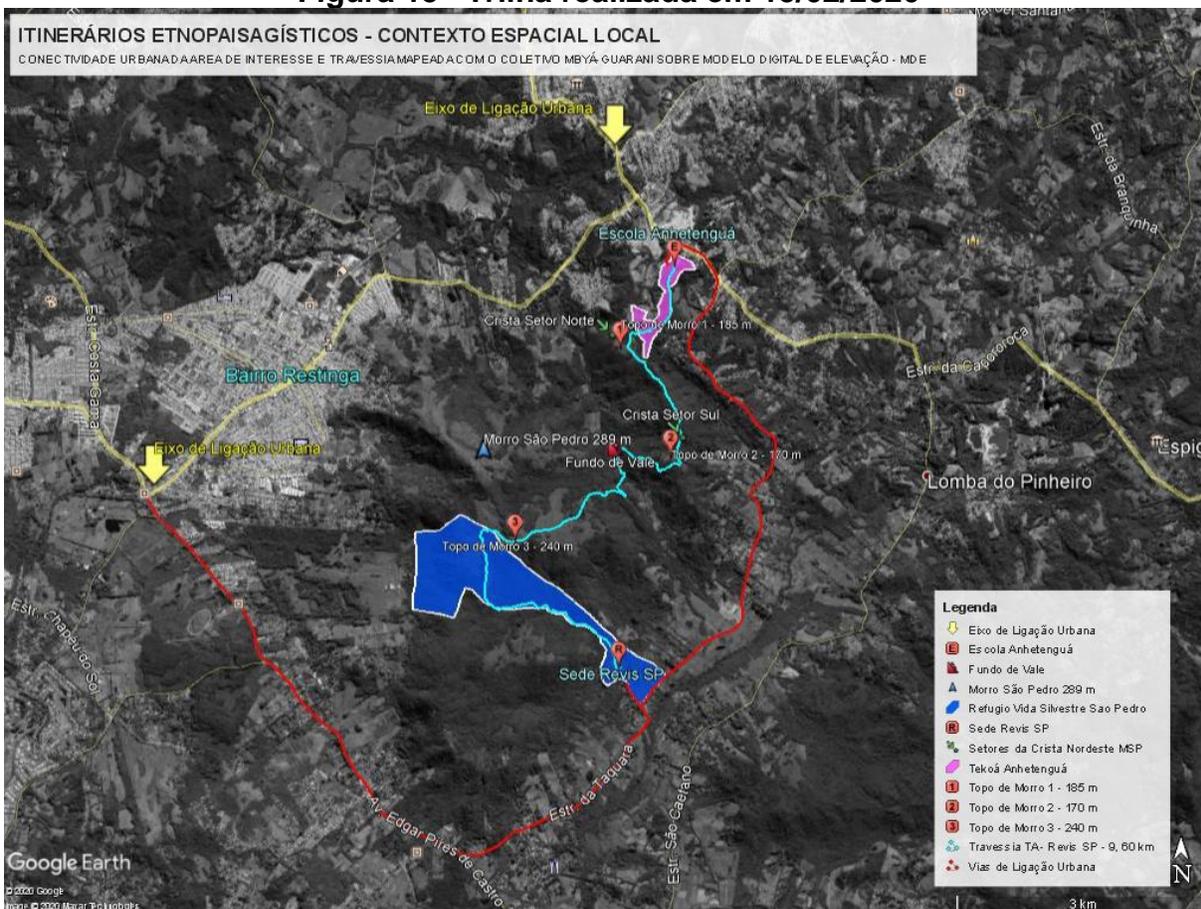
Assim, as fácies de conservação indicam as áreas de vegetação presentes em 1964 que apresentaram a mesma classificação em 2019. Ou seja, não houve transição, entende-se como principal elemento diferenciador a cobertura vegetal e suas classes de mapeamento (campo/floresta). Compõem a Fácies de Regeneração os processos de MUCT de Regeneração Campo e Regeneração Florestal, isto é, locais antropizados sem vegetação natural em 1964, mas que apresentaram classes de cobertura da terra (floresta ou campo nativo) em 2019.

Por outro lado, a Fácies de degradação é oriunda dos processos de MUCT de *Degradação Florestal* e *Degradação Campo*. Essa dinâmica demonstra que em 1964 havia vegetação, porém no ano de 2019 foi mapeado como uma classe de uso da terra outra classe de cobertura da terra num estágio de sucessão inferior. Assim, a degradação por antropização é acompanhada inclusive no sentido de perda de porte da vegetação que ocorre quando a floresta virou campo nativo, apontando uma degradação florestal. A fácies denominada como Antrópica Estável representa que a dinâmica se manteve a mesma, ainda que o tipo de uso da terra tenha mudado como, por exemplo, a passagem de campo antropizado para cultura. Já a fácies de Urbanização, por sua vez, é o processo mais significativo para o período, por isso é analisada separadamente dos outros usos antrópicos e está fortemente relacionado ao surgimento da malha urbana no bairro Restinga e da Lomba do Pinheiro entre 1964 e 2002 (CARVALHO, 2019).

4.4 Trabalho de campo

Para um reconhecimento geral da paisagem, utilizado indiretamente nos procedimentos de interpretação da estrutura paisagística no mapeamento das unidades de paisagem, houve um trabalho de campo realizado no dia 15/02/2020 na área de estudo. Neste momento, foi realizada uma trilha de pouco mais de 9 km partindo do Núcleo do Cacique Cirilo, na aldeia Anhetengúá com destino ao sul, o Refúgio da Vida Silvestre do Morro São Pedro. Na Figura 15 é apresentada a o mapa da trilha realizada e as Figura 16 e Figura 17 apresentam registros fotográficos do dia do campo. Os principais compartimentos topográficos e ambientes do Morro São Pedro foram percorridos e vivenciados junto à comunidade mbyá-guarani da Aldeia Anhetengúá, sendo tirados pontos de GPS e fotografias ao longo do percurso.

Figura 15 – Trilha realizada em 15/02/2020



Fonte: Marcelo Santos (2020) Disponível em: <https://pt.wikiloc.com/trilhas-orientacao/etnomapeamento-trilhas-mbya-guarani-2-46730145> acesso em 7/11/2020.

Figura 16 - Trilha Realizada pela comunidade Anhetengué e pesquisadores



Fonte: Marcelo Santos dos Santos (2020) Disponível em: <https://pt.wikiloc.com/trilhas-orientacao/etnomapeamento-trilhas-mbya-guarani-2-46730145> acesso em 7/11/2020.

Figura 17 - Vista do Morro São Pedro



Fonte: Marcelo Santos Santos (2020) Disponível em: <https://pt.wikiloc.com/trilhas-orientacao/etnomapeamento-trilhas-mbya-guarani-2-46730145> acesso em 7/11/2020.

5. Resultados e Discussões

5.1 Mapeamento dos Geocomplexos

Desta forma, para análise sob o enfoque taxonômico completo é preciso comentar os níveis superiores (zona, domínio e região) da classificação proposta por Bertrand (1968). Desta feita, entende-se a área como uma zona subtropical úmida (ROSSATO, 2011). A partir da perspectiva dos domínios morfoclimáticos (AB'SÁBER, 2003) reconhece-se a área como um domínio em transição entre as Padarias e Araucárias. A região é a área de contato do Planalto Uruguaio Sul- Rio-grandense e a Planície Costeira (MOURA, 2014) conferindo o padrão geomorfológico em forma de morros, morros associados com colinas, e de morros isolados e em forma de colinas.

Como explicado na metodologia, os geocomplexos foram delimitados utilizando correlações geoambientais estruturais a partir de mapeamentos de Geomorfologia (MOURA, 2013), Pedologia e Geologia (HASENACK, 2008) como mostra o Quadro 4 e distribuídos conforme o mapa da Figura 18:

Quadro 4. Matriz de correlação geoambiental

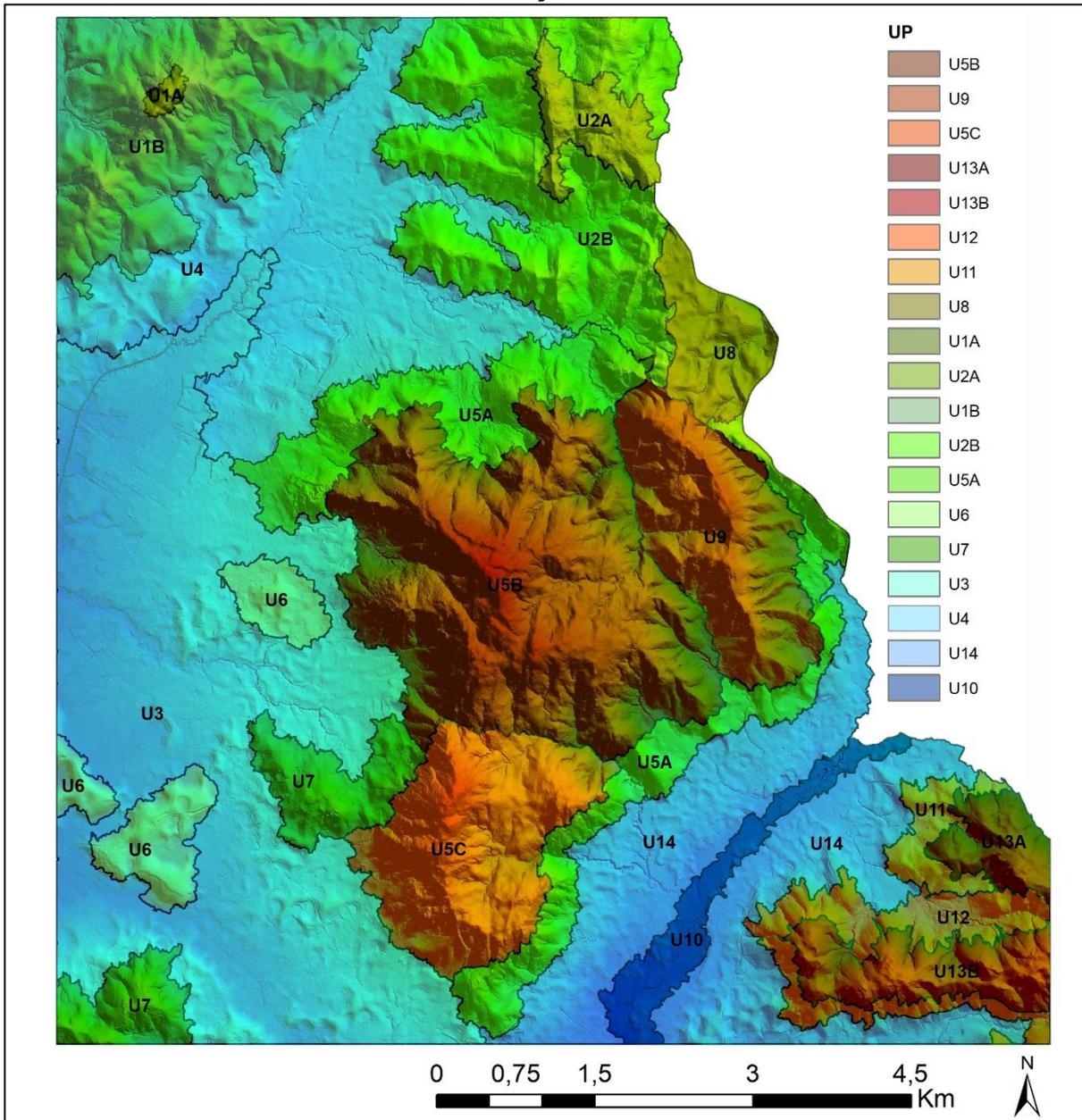
Nome	Geocomplexo	Solos	Unidade geomorfológica	Segmento de Vertente	Geologia
Alto do Morro São Pedro	U5B	Cambissolos Háplicos (CX)	Morro São Pedro	Topo - Patamar Alto	Granito Viamão
Altos da Pitinga	U9	Cambissolos Háplicos (CX)	Morro São Pedro	Topo de Morro	Granito Ponta grossa
Vertentes altas do São Pedro	U5C	Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Morro São Pedro	Vertente côncavo - convexa	Granito Viamão
São Caetano	U13A	Cambissolos Háplicos (CX)	Morro Extrema	Topo - Patamar Alto	Granito Viamão
Alto da Extrema	U13B	Cambissolos Háplicos (CX)	Morro Extrema	Topo Patamar Alto	Granito Canta Galo
Encosta da Extrema	U12	Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1)+ Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Morro da extrema	Vertente côncavo - convexa	Granito Canta-Galo
São Caetano da Extrema	U11	Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1)+ Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Morro Extrema	Vertente côncavo - convexa	Granito Viamão

Nome	Geocomplexo	Solos	Unidade geomorfológica	Segmento de Vertente	Geologia
Colinas Viamão	U8	Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1)	Colinas Viamão	Vertente côncavo - convexa	Granito Viamão
Alto da Restinga	U1A	Cambissolos Háplicos (CX)	Colinas da Lomba do Pinheiro	Platô ondulado alto	Granito Viamão
Platô da Lomba	U2A	Cambissolos Háplicos (CX)	Colinas da Lomba do Pinheiro	Platô ondulado alto	Granito Viamão
Colinas da Restinga	U1B	Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Colinas da Lomba do Pinheiro	Vertente côncavo - convexa	Depósitos Eluviais
Colinas da Lomba	U2B	Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Colinas da Lomba do Pinheiro	Vertente côncavo - convexa	Granito Viamão
Encosta do Morro São Pedro	U5A	Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelos com Cambissolos Háplicos (PV2)	Colinas da Lomba do Pinheiro	Vertente côncavo - convexa	Granito Viamão
Colinas Isoladas	U6	Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1)	Colinas Isoladas Baixas	Vertente côncavo - convexa	Depósitos Eluviais
Colinas do Lageado	U7	Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1)	Colinas isoladas Baixas	Vertente côncavo - convexa	Granito Ponta grossa
Terraço do Lageado	U3	Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos (SG1)	Planície Flúvio Lagunar	Fundo de Vale	Terraços e cordões arenosos

Nome	Geocomplexo	Solos	Unidade geomorfológica	Segmento de Vertente	Geologia
Planície Restinga	U4	Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos (SG1)	Planície Flúvio Lagunar	Patamar Plano	Depósitos Eluviais
Depósitos da Extrema	U14	Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos (SG1)	Planícies Flúvio Lagunares	Fundo de vale	Depósitos eluviais do Escudo + Depósitos aluviais
Banhado São Caetano	U10	Neossolo FlúvicoFluvico	Planície de Inundação	Depósito Aluvial	Depósitos aluviais

Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 18 - Mapa de geocomplexos do entorno do Morro São Pedro.
Classificação das UP**

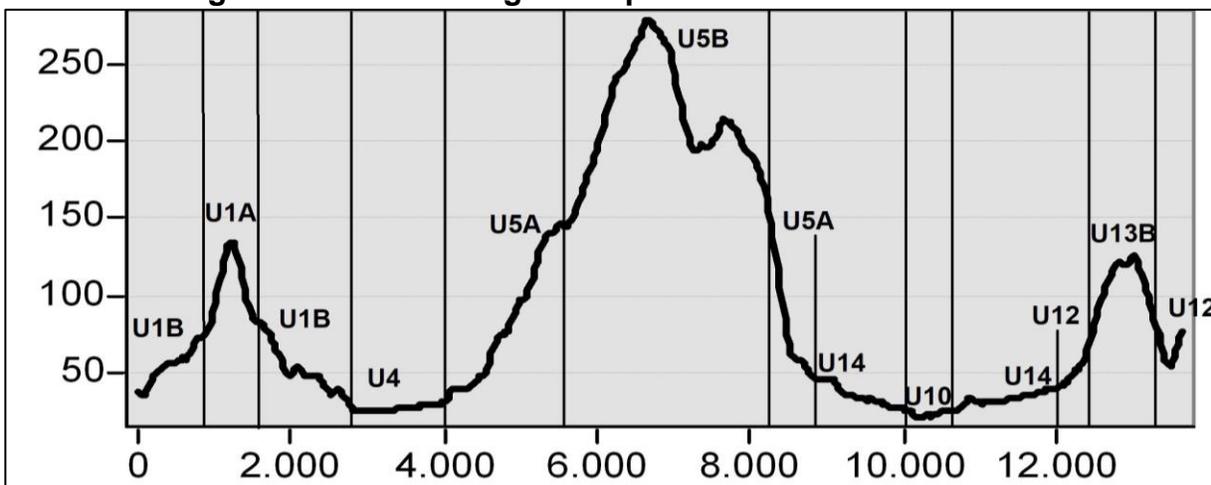


Fonte: Elaborado pela autora.

Com base na geomorfologia e localização dos compartimentos foram estabelecidos nomes - Coluna 1 Quadro 4 A Figura 19 apresenta o perfil dos geocomplexos do entorno do Morro São Pedro, onde às relações apresentadas na Quadro 4 ficam bastante explícitas, o compartimento que se destaca pela altura é o U5B, denominado Alto do Morro São Pedro, ladeado pela encosta do Morro São Pedro (U5A). Nesse sentido, os compartimentos Alto da Restinga (U1A) e Alto da Extrema (U13B) são

respectivamente os próximos Morros mais altos do perfil, ladeados pelas suas encostas que no primeiro caso formam às Colinas da Restinga e no segundo a Encosta da Extrema. Também é nítida a relação de depósitos de sedimentos que os compartimentos Planície Restinga (U4), Depósitos da Extrema (U14) e Banhado São Caetano (U11) apresentam, constituindo grande serviços ambientais a este ecossistema.

Figura 19 - Perfil dos geocomplexos do Morro São Pedro



Fonte: Elaborado pela autora.

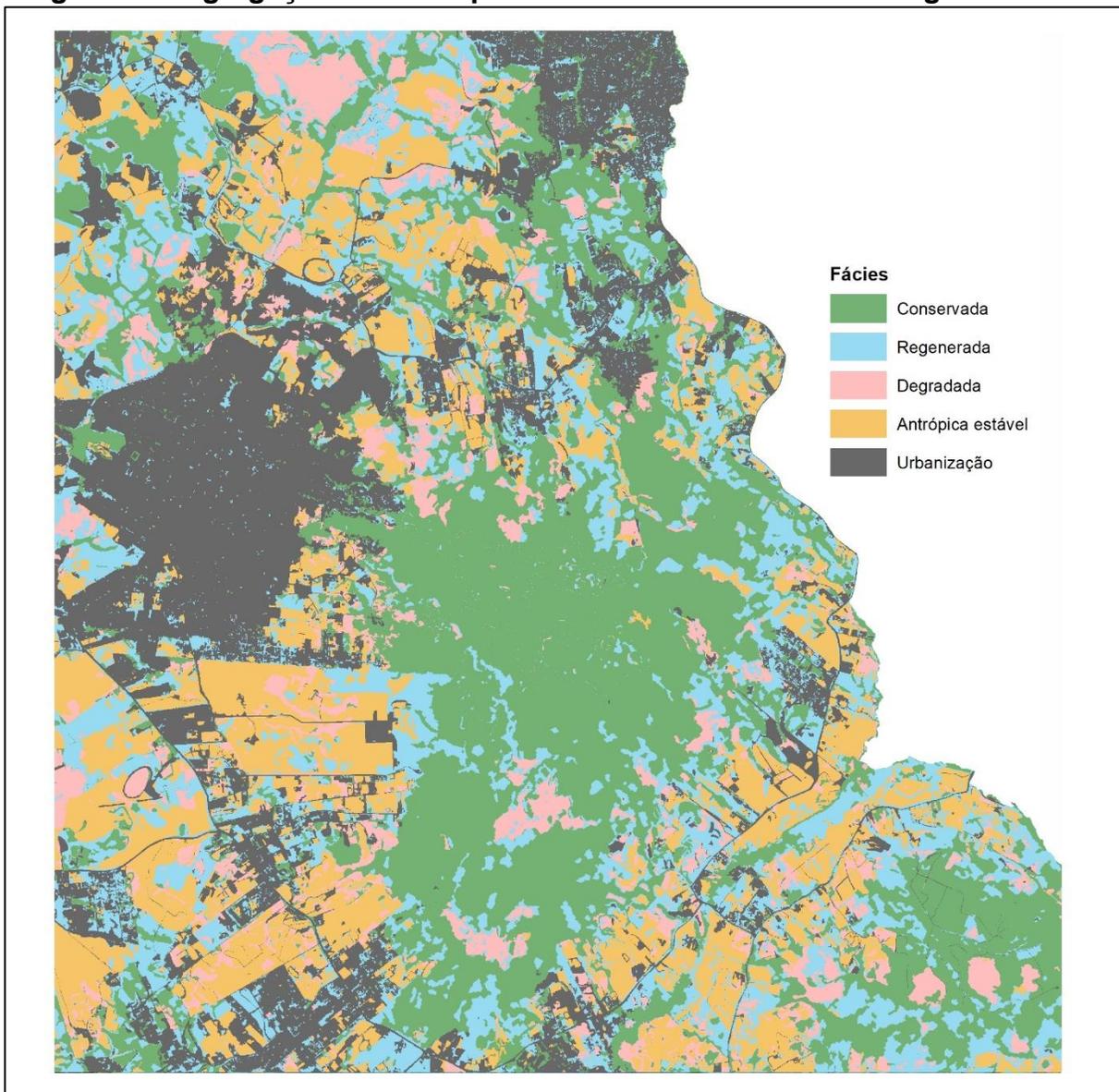
5.2 Mapeamento das Fácies

Os processos de dinâmica da paisagem foram agrupados em geofácies conforme demonstrado na seção 4.3 da seguinte forma (Figura 20):

- Fácies conservada: refere-se aos processos de MUCT de Campo conservado e Floresta Conservada, ou seja, à cobertura que permaneceu estável de 1964 a 2019, onde o processo de pedogênese relacionado ao processo de biostasia é praticamente estável;
- Fácies regenerada: relativos aos processos de MUCT que demonstram ganho de solo (pedogênese) devido à sucessão da evolução da cobertura da terra. Esta classe é composta pelos processos de Campo Nativo Regenerado e Floresta Regenerada.
- Fácies degradada: Relativos a perda de solo (morfogênese), causada por origem antrópica, abarcando as classes que apresentam cobertura natural degradada (Degradação Florestal e Degradação Campo);

- Fácies antrópica estável: áreas antropizadas onde não houve perda ou ganho de solo durante o período de análise.
- Fácies de urbanização: Processo antrópico mais impactante e expressivo na paisagem. Diferente dos outros processos identificados, esse se desenvolveu sobre todos os usos e coberturas.

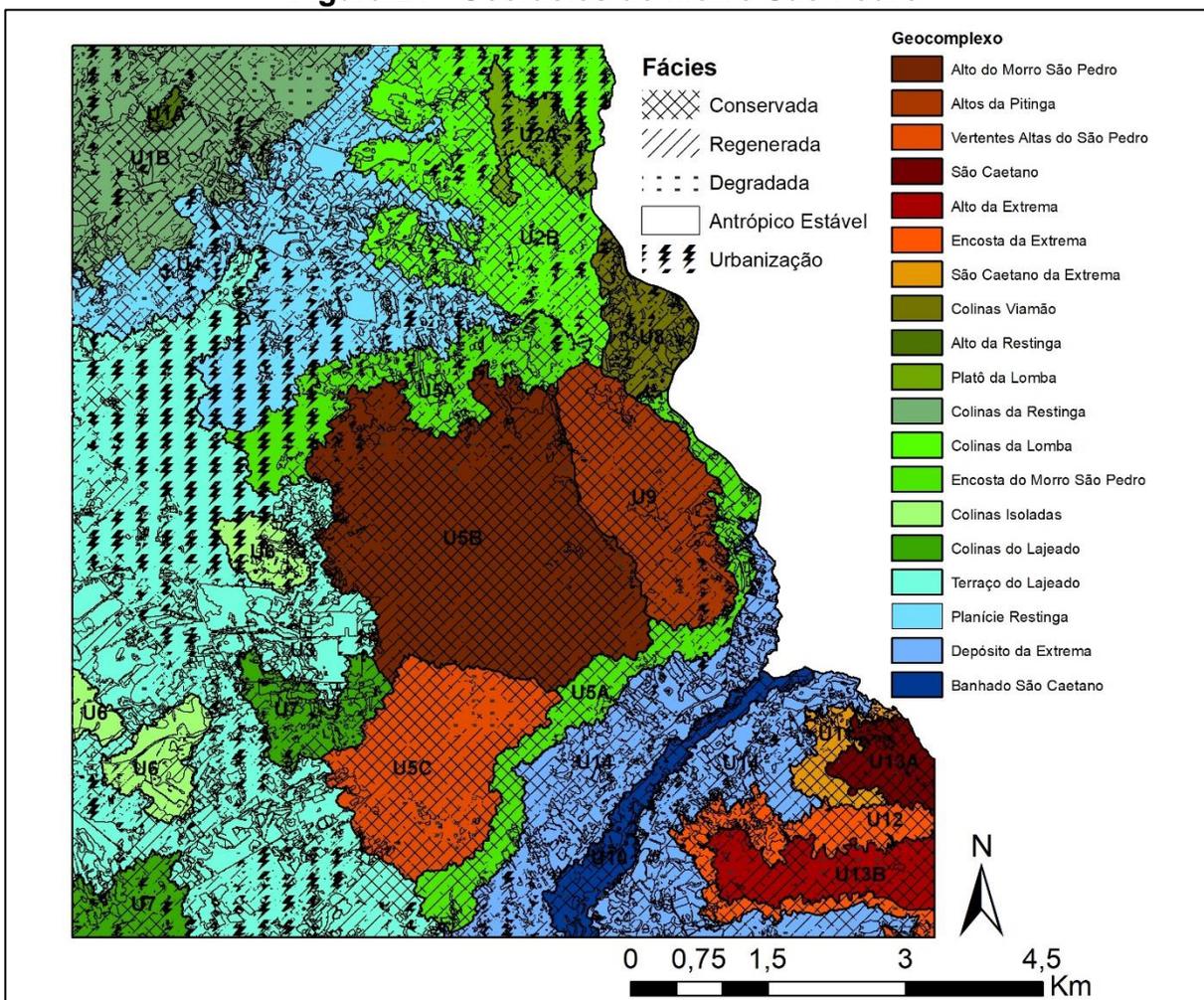
Figura 20 - Agregação final dos processos de dinâmica da Paisagem- Fácies.



Fonte: Elaborado pela autora.

A sobreposição do mapa de geocomplexos com o mapeamento das fácies de dinâmica da paisagem resultou na definição do nível hierárquico das geofácies, Figura 21.

Figura 21 - Geofácies do Morro São Pedro



Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 5 apresenta as proporções dos tipos de fácies em cada geocomplexo. Para ajudar na visualização os valores foram categorizados pelos tons, onde as cores mais vibrantes aparecem os maiores valores para cada uma das taxas.

Quadro 5- - Áreas e porcentagens das geofácies da área de estudo. Características paisagísticas dos modelados e geossistemas da área de estudo

Geocomplexo	Conservada		Regenerada		Degradada		Antrópico estável		Urbanização	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Alto do Morro São Pedro U5B	635,76	73,61	107,22	12,41	58,16	6,73	32,4	3,75	30,16	3,49
Altos da Pitinga U9	189,19	59,16	76,69	23,98	12,83	4,01	23,15	12,83	17,95	5,61
Vertentes altas do São Pedro U5C	251,49	69,24	50,26	13,84	45,73	12,59	13,69	3,77	2,05	0,56
São Caetano U13A	38,95	49,03	25,95	33,06	7,01	8,93	5,51	7,03	1,07	1,36
Alto da Extrema U13B	78,1	52,68	38,59	26,03	28,6	19,29	2,05	1,38	0,9	0,61
Encosta da Extrema U12	91,62	54,13	29,62	17,5	20,83	12,31	22,91	13,54	4,27	2,52
São Caetano da Extrema U11	32,46	54,43	14,39	24,12	1,73	2,9	8,96	15,03	2,1	3,53
Colinas Viamão U8	21,31	18,01	33,49	28,31	6,85	5,79	33,61	28,41	23,06	19,49
Alto da Restinga U1A	3,19	29,33	4,07	37,38	0,18	1,69	1,32	12,13	2,12	19,47
Platô da Lomba U2A	19,66	20,77	13,19	23,93	1,77	1,86	1,84	1,94	58,22	61,49
Colinas da Restinga U1B	113,31	22,97	140,75	28,53	68,48	13,88	86,38	17,51	84,41	17,11
Colinas da Lomba U2B	155,24	27,33	117,16	20,63	38,89	6,85	78,97	13,9	177,77	31,3

Geocomplexo	Conservada		Regenerada		Degradada		Antrópico estável		Urbanização	
Encosta do Morro São Pedro U5A	1,55	30,76	1,09	21,66	0,32	6,32	63,36	12,6	1,44	28,66
Colinas Isoladas U6	5,24	3	29,46	16,91	19,49	11,19	79,23	45,47	40,83	23,43
Colinas do Lageado U7	83,38	34,18	49,1	20,13	16,16	6,62	49,48	20,28	45,84	18,79
Terraço do Lageado U3	101,9	6,71	257,83	16,99	106,15	6,99	404,46	26,64	647,62	42,66
Planície Restinga U4	130,01	17,65	141,67	19,23	68,66	9,32	172,63	23,43	223,84	30,38
Depósitos da Extrema U14	118,81	16,2	91,7	12,5	77,43	10,56	252,6	34,44	192,8	26,29
Banhado São Caetano U10	33,16	27,61	33,88	28,21	9,87	8,22	35,11	29,24	8,06	6,71
Total	2.104,33	30,58	1.256,11	18,25	589,14	8,56	6.881,75	19,87	1.564,51	22,73

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise geral do Quadro 5 demonstra que a dinâmica com maior ocorrência foi a fácies conservada com 30,58%. Nesse contexto os Geocomplexos do Alto do Morro São Pedro e das Vertentes altas do São Pedro foram os que apresentaram as maiores taxas, com 73,61 e 69,24%, respectivamente. A alta taxa da fácies de conservação está relacionada, não só com a existência do Refúgio da Vida Silvestre, como também pela lei nº 12.651/2012 que determina Áreas de Preservação Permanente (APP's) em topo de morro² (BRASIL, 2012). Por outro lado, as Colinas Isoladas da Lomba apresentaram a menor taxa de conservação (3%) a análise das demais fácies desse geocomplexos demonstram que a área apresenta uma paisagem cada vez mais antropizada, em que o urbano ganha espaço e a diferença das taxas de degradação (11,19%) para regeneração (13,84%) é irrisória para a preservação da área.

Com 22,73% a urbanização é a segunda fácies de maior expressão na área de estudo. Destacam-se os geocomplexos Platô da Lomba (61,49%) e Terraços do Lageado (42,66%), o primeiro localizado no bairro Lomba do Pinheiro e o segundo faz parte do bairro Restinga, ambos relativamente planos. O Bairro Restinga, formado em 1967 com o intuito de promover uma higienização racial do centro de Porto Alegre, constitui um gueto de pobreza criado no contexto da Ditadura Militar revelando a face sombria do planejamento urbano da capital (ARAÚJO, 2018). O bairro, com nome de vegetação, é composto por uma grande mancha urbana na área de estudo, localizada a leste do Morro São Pedro. Ainda, segundo Araújo (2018), para assegurar o isolamento o embarque aos ônibus para o centro da cidade só era permitido com carteira de trabalho assinada, ou então em horários compatíveis com a jornada padrão de trabalho; com uma linha pela manhã em direção ao centro e outra pela noite para o regresso dos trabalhadores. Desta forma, a paisagem foi abruptamente modificada e carregada de valores sociais ao longo deste processo de urbanização tardia. Já o bairro Lomba do Pinheiro, de ocupação inicialmente rural, teve suas glebas aos poucos subdivididas em lotes, originando um

² Segundo o PPDUA (2009): Art. 16. Para efeito desta Lei, considera-se: I – topo de morro: a área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura máxima da elevação em relação à base; (Alterado pela L.C. nº 646, de 22 de julho de 2010)

processo de urbanização na década de 1970. O local também é famoso por ser a região das nascentes dos Arroios Dilúvio e do Salso. (MENEGAT, 2006).

A fácies antrópica estável representa 20,41% da área total e ocupa quase a metade do geocomplexo Vertentes Altas do São Pedro, com 45,47%. Estas fácies, em sua maioria, tratam-se de lavouras que se tornaram pasto para criação de animais; além da presença do avanço da Silvicultura sobre áreas onde se plantavam grãos. Embora o geocomplexo Colinas Isoladas tenha apresentado a maior porcentagem dessa Fácies, sua presença em área é maior nos Terraços do Lageado com 404,46 ha, representando 26,64% deste geocomplexo.

A fácies de regeneração ocorreu em 18,25% da área de estudo, destacando-se o Alto da Restinga e o São Caetano, 37,08 e 33,06%, respectivamente. Ambos constituindo importantes enclaves de vegetação, o primeiro como pode ser observado no perfil geoambiental (Figura 19) mostra uma geomorfologia de conservação estratégica para preservação de serviços ecossistêmicos desta área e seu entorno pois além dos morros serem agentes estruturantes da paisagem também são importantes focos de biodiversidade (MENEGAT, 2006). O segundo geocomplexo está situado no topo do Morro da Extrema, Bairro São Caetano.

Entretanto, a porção do Morro da Extrema localizada no Geocomplexo Alto da Extrema se destacou com a maior taxa no tocante à fácies de degradação (19,29%). Embora, apesar dessa fácies tenha aparecido com menor expressividade na área de estudo (8,56%), o acompanhamento das zonas com degradação ambiental é de extrema importância para a gestão ambiental da área. O Morro da Extrema apresenta os principais enclaves da Mata Atlântica no município (HASENACK, 2008). O relevo desse geocomplexo pode apresentar declives acentuados principalmente nas áreas próximas à encosta, onde estão localizadas estas geofácies, a pequena profundidade do solo e a ocorrência de pedras na massa do solo aumenta o risco de deslizamentos de solo em caso de perda de vegetação.

O mapa de geofácies traz a discussão a gestão territorial da área rururbana de Porto Alegre, segundo Carvalho (2019 as mudanças na paisagem fazem parte da

interação entre os elementos formadores da paisagem. O acompanhamento dessas dinâmicas, como a intensificação da influência humana na alteração da paisagem, em unidades de tempo, permite a mensuração de graus de vulnerabilidade de sistemas relacionados a interferências antrópicas, assim com a identificação de processos de regeneração e degradação dos mesmos (CARVALHO,2019). Para a manutenção do potencial da zona rururbana do município é necessário conhecer às dinâmicas da cobertura da terra.

6. Conclusões

Este trabalho se baseou na integração de variáveis físicas, ecológicas e sociais com base na abordagem interdisciplinar e complexa da Ecologia da Paisagem. Tal abordagem se mostrou adequada para o estudo integrado da paisagem numa área de paisagem periurbana heterogênea incluindo múltiplos processos de dinâmica da paisagem e problemas ambientais.

A utilização de geotecnologias de geoprocessamento e de GEOBIA se mostraram importantes para: a) geração de banco de dados geográfico; b) segmentação do MDE e integração de dados geoespaciais vetoriais, agregados em ambiente SIG, dando origem ao mapeamento dos geocomplexos; agrupamento dos processos de MUCT de acordo com os conceitos de biostasia/resistasia e de ecodinâmica.

Desta forma pôde-se alcançar os objetivos específicos do trabalho. Foram mapeados 19 (dezenove) geocomplexos com características das estruturas da paisagem, bem como cinco (5) fácies que retratam às dinâmicas de uso e ocupação do solo entre os anos de 1964 a 2019. A sobreposição desses resultados originou o mapa de geofácies, e a análise da tabela de atributos permitiu hierarquizar em três classes os dados referentes às dinâmicas do uso do solo.

A estrutura hierárquica proposta, baseada em Unidades da Paisagem, possibilitou uma classificação das zonas hierárquicas mapeadas e a análise das principais correlações estruturais paisagísticas (geocomplexos) e características dos mosaicos com diferentes dinâmicas de paisagem (geofácies). Os resultados de tais mapeamentos de evolução da paisagem apresentaram a conservação da vegetação como o principal processo ocorrente na área, seguida pela urbanização marcada por fortes questões oriundas da gestão territorial e ambiental (ou sua ausência).

Assim, as geofácies obtidas através da aplicação de técnicas da Ecologia da Paisagem possibilitam o estudo da paisagem em nível cultural e geoambiental, podendo caracterizar quantitativamente e qualitativamente o macrozoneamento proposto pelo PDDUA. Assim, pode servir não só como indicador (mapeamento), mas também como

instrumento (metodologia aplicada) para garantir a conservação da mancha de cobertura de floresta e campos no Morro São Pedro e toda biodiversidade que a área representa. Em relação ao avanço dessa pesquisa fica a base para o desenvolvimento do mapeamento a nível de estudo de geótopo, isto é, a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno.

7. Referências

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os Domínios de Natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ARAUJO, Neila Prestes de. **Vilas de malocas e Bairro Restinga: a versão dos removidos sobre o plano de confinamento em vila de transição – Eugenia na Porto Alegre de 1967- 1970**. Porto Alegre, Trabalho apresentado no XIV Encontro Estadual de História – ANPUH/RS, 18 a 21 julho de 2018

BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975. 351 p. 5, 8

BERTRAND, G. **Paysage et geographie physique globale**. Esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968.

BRASIL, 2002. Decreto n.º 4.297

BRASIL, 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso:28/10/20.

CARVALHO, Carina Richardt de; **Aplicação de Ecologia da Paisagem ao etnomapeamento e etnozoneamento de comunidade Mbyá-Guarani em espaços urbanos de Porto Alegre**; Trabalho de Conclusão de Curso; Instituto de geociências; UFRGS; 58 p. 2019.

CUNHA, S. B.; FREITAS, M. W. D. **Geossistemas e gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio São João-RJ**. *GEOgraphia*, v. 6, n. 2, p. 87. 2004.

DESCLÉE, B., BOGAERT, P., DEFOURNY, P., **Forest change detection by statistical object based method**. Rev. Remote Sens. Environ. 2006.102, 1–11.

FREITAS, M. W. D. **Estudos integrados da paisagem: abordagens complexas do espaço geográfico para o desenvolvimento sustentável**. In: TORRES, F.; DAGNINO, R.; OLIVEIRA JR., A. (Ed.). Contribuições geográficas. Ubá: Ed. Geographica, 2009. p.327{390. 2, 8, 40

FREITAS, M. W. D.; CARVALHO, V. C. **Uso de geotecnologias para o mapeamento integrado de paisagens no sertão pernambucano (NE - Brasil)**. Geografia, v. 34, n. 3, p. 537{558, 2009. 2, 11, 14, 44

FREITAS, M. W. D. de, & Santos, J. R. (2014). **Zoneamento hierárquico da paisagem nos domínios da Bacia do Rio Uruguai TT** - Landscape hierarchical zoning in the domains of the Uruguay River Basin. Sociedade & Natureza, 26(2), 287–300. <https://doi.org/10.1590/1982-451320140207>

HASENACK, H.; Weber, E.; Marcuzzo, S. (org.). **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação e Ocupação**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84 p. ISBN 978-85-7727-129-0.

KOESTLER, A. **Janus, a summing up**. Richmond South: Hutchinson of Australia, 1978. 354 p. 7, 8, 9, 11, 38

MENEGAT, R. et al. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 2006.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001. 125 p.

MOURA, N.V.S.; Hasenack, H.; Silva, L.L. **Mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada** - RS. Porto alegre: UFRGS - IB - Centro de Ecologia. 2013. ISBN 978-85-63843-10-4. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. acesso em 05 de jul 2020.

MULLER, S.C.; OVERBECK, G.; SETUBAL, R.B. 2011. A coexistência entre campos e florestas: qual a vegetação natural de Porto Alegre. In: Setubal, R.B.; Boldrini, I.I.; Ferreira, P.M.A.. (Org.). **Campos dos Morros de Porto Alegre**. 1 ed. Porto Alegre: Igré Associação Sócio-Ambientalista. p. 51-58.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. **Landscape Ecology: Theory and Application**. New York/ Berlin / Heidelberg / Tokyo: Springer Series on Environmental Management, 1984.

PESSOA, M. L. (Org.). Clima do RS. In: _____. **Atlas FEE**. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: < <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/clima/> >. Acesso em: 25 de julho de 2020.

PHILIPP,RP.;1198. **A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo,255p.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar n. 434**, de 01 de dezembro de 1999, alterada pela Lei Complementar 646/10. Institui o 1º PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: CORAG, 1999.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal do Meio Ambiente e da Sustentabilidade. **Plano de Manejo**: Refúgio de Vida Silvestre São Pedro / Maria Carmen Sestren- Bastos, Renata Cardoso Vieira, Soraya Ribeiro – coordenadoras. – Porto Alegre, RS: Secretaria Municipal do Meio Ambiente e da Sustentabilidade, 2017.

Rosa, Rafael Mendes, 1986- **Unidades de paisagem e zoneamento**: subsídios para o planejamento ambiental na bacia do rio Uberabinha-MG. 118 f. Dissertação-

Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

SOARES FILHO, B.S. **Análise de paisagem**: fragmentação e mudanças. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

SIQUEIRA, Mariana Nascimento. **Geografia e Ecologia da Paisagem**: Pontos para Discussão. Soc. & Nat., Uberlândia, 557-566, 2013.

SOARES-FILHO, B. S.; GARCIA, R. A.; RODRIGUES, H.; MORO, S.; NEPSTAD, D. Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento: a caminho de um modelo integrado. In: BATISTELLA, M.; ALVES, D. S.; MORAN, E. F. (Ed.). **Amazônia: natureza e sociedade em transformação**. São Paulo: Edusp, 2008. p. 181{217. 20}

SOCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Métodos em questão (IG-USP), n. 16,p. 1-51, 1977.

TROLL, C. **Luftbildplan und ökologische Bodenforschung** (Aerial photography and ecological studies of the earth). Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin: 241-298.1939

TROLL, C. **Geoforum**, v.8, p.43-46,1971.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN,1977. 91p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1).

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004