

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CURSO DE GEOLOGIA

EVELYN KIRST SANTANA

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA INDICAR ALVOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
CAÇAPAVA DO SUL**

CAÇAPAVA DO SUL

2023

EVELYN KIRST SANTANA

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA INDICAR ALVOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
CAÇAPAVA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Matté

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva

CAÇAPAVA DO SUL

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S231u Santana, Evelyn Kirst

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA INDICAR ALVOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
CAÇAPAVA DO SUL / Evelyn Kirst Santana.

96 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2023.

"Orientação: Vinicius Matté".

1. Bioma Pampa. 2. Fatores abióticos. 3. Geoconservação. 4.
Geoparque Caçapava. I. Título.

EVELYN KIRST SANTANA

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA INDICAR ALVOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 10 de julho de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vinicius Matté

Orientador

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Suzane Bevilacqua Marcuzzo

UFSM



Assinado eletronicamente por **VINICIUS MATTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/07/2023, às 09:13, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCO ANTONIO FONTOURA HANSEN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/07/2023, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1190871** e o código CRC **ADCCA4A**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Dedico este trabalho para meu irmão
Arthur.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer primeiramente à minha mãe Marinês, que me apoiou em todos esses anos e me deu incentivo a sempre continuar estudando. À minha avó Salete que é muito especial para mim, agradeço muito por tudo. Ao meu irmão Arthur que sempre me fez pensar em um futuro melhor para nossas crianças, de certa forma, sempre foi minha grande inspiração. Ao meu pai, Rodrigo, que graças ao seu esforço conseguiu me ajudar por todos esses anos. E a todos os demais familiares que estiveram ao meu lado: Josiel, Maurício, Daliana, Bernardo, Ana, Renato, Darlan e Eva. Um agradecimento especial ao meu tio Adelar por sempre me acompanhar, mesmo que de longe.

Também gostaria de agradecer ao meu companheiro João Vitor, que me deu suporte e apoio durante essa jornada. Obrigada por tornar os dias mais leves.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos do coração Ariely, João Saldanha, Jordana, Valquíria e Victoria pela amizade e cumplicidade por todos esses anos. Vocês tornaram a graduação mais leve e feliz. Obrigada ao Enzo por toda ajuda e apoio no decorrer do trabalho.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Vinicius Matté. Obrigada por todas as dicas, correções e suporte. Gostaria de agradecer, ainda, ao co-orientador Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva, que foi fundamental para a realização deste trabalho. Muito obrigada por tudo!

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen, que, com sua sabedoria, rendeu um acréscimo imensurável como componente da banca avaliadora durante a realização do trabalho. Juntamente a ele, agradeço à Profa. Dr^a. Suzane Bevilacqua Marcuzzo, que de forma tão essencial quanto, contribuiu na concepção e no desenvolvimento conceitual do trabalho.

Por fim, agradecer a todos os professores e funcionários da Universidade Federal do Pampa, e ao Governo Federal por uma educação gratuita e de qualidade.

“Eppur si muove!”.

Galileu Galilei

RESUMO

É notável que a progressiva conversão do uso do solo, juntamente com a expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas - em conjunto com as mudanças climáticas, que afetam não somente o Brasil, mas todo o planeta - têm levado a uma rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do Bioma Pampa. Isso se dá pela falta de medidas protetivas, que deixa o bioma vulnerável a diversas contaminações biológicas, expansão das atividades agrícolas e silviculturais e pelo pastoreio de espécies de mamíferos invasores, como javalis, cabras e veado vermelho os quais geram perda de diversidade em áreas com grande número de plantas endêmicas. O presente trabalho tem como objetivo indicar alvos para potencial implementação de unidades de conservação, relacionando a preservação do bioma Pampa com a importância da geodiversidade, no município de Caçapava do Sul. Para isso, foram utilizados dados de sensoriamento remoto acerca de fatores abióticos, como unidade geológica, tipo de solo e de relevo, para diversificar os meios de entendimento da geodiversidade. Os resultados obtidos permitiram verificar que a maior parte do município de Caçapava do Sul possui áreas com moderada a alta probabilidade para implantação de Unidades de Conservação. De forma pontual, principalmente em função de altas declividades e da presença de vegetação nativa, observam-se áreas com alta probabilidade, como em partes da Serra de Santa Bárbara, Serra do Segredo e nas bordas do alto do granito de Caçapava, locais estes que inclusive já possuem valoração na forma de geossítios e duas pequenas unidades de conservação (parques municipais da Pedra do Segredo e da Cascata do Salso). Entretanto, essas unidades representam um percentual minúsculo deste município, o que evidencia, junto com os resultados alcançados neste trabalho, a necessidade da criação de mais unidades de conservação, a fim de proteger fauna e flora da região, bem como, seu patrimônio geológico.

Palavras-chave: Bioma Pampa; Fatores abióticos; Geoconservação; Geoparque Caçapava.

ABSTRACT

It is noteworthy that the progressive conversion of land use, allied to the expansion of monocultures and pastures with exotic species - together with climate changes which affects not only Brazil, but the entire planet -, has led to rapid degradation and loss of natural landscapes in the Pampas. This is due to the lack of protective measures, which leaves the biome vulnerable to various biological contaminations, expansion of agricultural and silvicultural activities, and the grazing of invasive mammal species, such as wild boar and goats, leading to loss of diversity in areas with high number of endemic plants. The present study aims to identify targets for the potential implementation of conservation units, linking the preservation of the Pampas biome to the importance of geodiversity in Caçapava do Sul municipality. To achieve this, abiotic factors, such as geological unit, soil types and topography will take into consideration to enhance the understanding of geodiversity and biodiversity, utilizing remote sensing as tools. The results obtained will allow verifying that majority the municipality of Caçapava do Sul has areas with moderately to high probability for implementation of Conservation Units. Occasionally, mainly due to the high slopes and the presence of native vegetation, areas with high probability can be observed, such as in parts of the Serra de Santa Bárbara, Serra do Segredo and on the edges of the granite top of Caçapava, places that they even already have valuation in the form of geosites and two small conservation units (Municipal Parks of Pedra do Segredo and Cascata do Salso). However, these units represent a minuscule percentage of this municipality, which shows, along with the results achieved in this work, the need to create more conservation units, to protect the region's fauna and flora, as well as its geological heritage.

Keywords: Pampa Biome; Abiotic factors; Geoconservation; Caçapava Geopark.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização.	23
Figura 2 - Mapa representativo das unidades geotectônicas principais do ESRG.	25
Figura 3 - Mapa geológico simplificado de Caçapava do Sul.	29
Figura 4 - Subdivisão da ecorregião do Pampa Uruguaio-Sul-rio-grandense em ecoprovincias ou grandes unidades paisagísticas, com base, sobretudo, em características da geodiversidade e evolução geológica.	37
Figura 5 - Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.	41
Figura 6 - Categorias de Classificação de Espécies em Perigo de Extinção. ...	43
Figura 7 - Fluxograma dos procedimentos técnicos.	58
Figura 8 - Mapa de Declividade do Município de Caçapava do Sul.	63
Figura 9 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Caçapava do Sul.	65
Figura 10 - Solos do Município de Caçapava do Sul.	68
Figura 11 - Mapa Geológico do Município de Caçapava do Sul.	71
Figura 12 - Rasters utilizados: A - Uso e Ocupação do solo, B - Tipos de solos, C - Declividade e D - Geologia.	74
Figura 13 - Mapa das Principais Áreas Propensas à Implementação de Unidades de Conservação no Município de Caçapava do Sul.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro1 - Lista da Flora Ameaçada de Extinção em Caçapava do Sul.....	44
Quadro 2 - Ornitofauna de Caçapava do Sul.	46
Quadro 3 - Mastofauna de Caçapava do Sul.	46
Quadro 4 - Herpetofauna de Caçapava do Sul.	47
Quadro 5 - Unidades de mapeamento de solo de Caçapava do Sul.....	52
Quadro 6 - Escala de comparadores.....	57
Quadro 7- Pesos atribuídos às diferentes classes de usos e coberturas da terra.....	59
Quadro 8 - Pesos atribuídos à declividade.....	61
Quadro 9 - Classes de probabilidade de implementação de UC'S.....	62
Quadro 10 - Rotulagem dos parâmetros para declividade.	64
Quadro 11- Rotulagem dos parâmetros para Uso e Ocupação do Solo.	66
Quadro 12 - Rotulagem dos parâmetros para solos.....	69
Quadro 13 - Rotulagem dos parâmetros para litologia.....	72
Quadro 14 - Matriz de Comparação Pareada.....	75
Quadro 15 - Cálculo dos pesos.	75
Quadro 16 - Ordem de prioridade.	76
Quadro 17 - Relação dos geossítios com Aptidão de UC.	80

LISTA DE SIGLAS

AHP - *Analytical Hierarchy Process*

APA - Área de Proteção Ambiental

ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico

BC - Bacia do Camaquã

BHRC - Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã

CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica

CEs - Corredores Ecológicos

CGCS - Complexo Granítico Caçapava do Sul

CMPF - Complexo Metamórfico Passo Feio

COP - Conferência das Partes da ONU

CR - Criticamente em Perigo

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EN - Em Perigo

ESEC - Estação Ecológica

ESRG - Escudo Sul-rio-Grandense

EUA - Estados Unidos da América

EW - Espécies Extintas na Natureza

EX - Espécies Extintas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Índice de Consistência

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR - Índice de Consistência Randômico

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais

K - Potássio

LC - Seguros ou Pouco Preocupantes

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MONA - Monumento Natural

NT - Quase Ameaçada

PAH - Processo de Análise Hierárquica

PAT - Plano de Ação Territorial

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

RC - Razão de Consistência

RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável

REBIO - Reserva Biológica

RESEX - Reserva Extrativista

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

RVS - Refúgio de Vida Silvestre

SbaJD - Sub-Bacia do Arroio João Dias

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do RS

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

UC - Unidade de Conservação

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

VU - Vulnerável

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. JUSTIFICATIVA	21
4. ÁREA DE ESTUDO	22
4.1 GEOLOGIA REGIONAL	24
4.1.1 Província Mantiqueira	24
4.1.2 Escudo Sul-rio-grandense	24
4.1.3 Bacia do Paraná	26
4.2 GEOLOGIA LOCAL	27
4.2.1 Complexo Metamórfico Passo Feio	27
4.2.2 Complexo Granítico Caçapava do Sul	28
4.2.3 Bacia do Camaquã	28
4.2.4 Bacia do Paraná	28
4.2.5 Caracterização Fisiográfica	30
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
5.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	31
5.2 O Pampa	36
5.2.1 Estado de Conservação Atual do Pampa	38
5.2.2 Áreas Prioritárias de Conservação do Pampa	40
5.3 Espécies Ameaçadas	42
5.3.1 Flora	43
5.3.2 Fauna	45
5.4 POTENCIAL TURÍSTICO DO PAMPA PARA A REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL	48

5.5 BENEFÍCIOS DOS MAPAS PARA DELIMITAR ÁREAS DE CONSERVAÇÃO	51
5.5.1 Fatores Abióticos	52
6. MATERIAIS E MÉTODOS	56
6.1 SENSORIAMENTO REMOTO	56
6.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO	56
6.3 IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS	57
6.4 RECLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS	59
6.5 RASTERIZAÇÃO	73
6.6 CÁLCULO DA MATRIZ	74
6.7 RAZÃO DE CONSISTÊNCIA	76
6.8 GERAÇÃO DA IMAGEM MATRICIAL	77
7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	78
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A	95
APÊNDICE B	96

1. INTRODUÇÃO

O Pampa é o bioma brasileiro com a maior perda percentual de áreas naturais no período 2000-2018, com uma redução de 16,8%, principalmente para fins agrícolas (IBGE, 2020). Essa condição é agravada pelo baixo percentual de áreas protegidas em Unidades de Conservação, apenas 3% (MMA, 2022). Esse valor representa uma pequena parte das exigências internacionais de áreas protegidas (por exemplo, as metas de Aichi da Convenção da Diversidade Biológica sugerem a conservação de pelo menos 17% dos ecossistemas terrestres) e são baixos quando comparados com a extensão de áreas protegidas em outros países (Pacheco *et al.*, 2018; Battistella *et al.*, 2019).

O Pampa ocorre na metade Sul do Rio Grande do Sul, em parte da Argentina, Paraguai e Uruguai. Corresponde a 63% do território gaúcho e a 2,07% do território nacional (MMA, 2007). Embora de forma geral este bioma possui baixa distribuição espacial, sua geo e biodiversidade são imensas. O termo Pampa deriva da língua indígena Quéchuá e significa região plana, ou planície. Tem apresentado diversos impactos antrópicos que levam a perda da biodiversidade, erosão do solo, assoreamento e poluição das águas, presença de resíduos de pesticidas, desmatamento, monoculturas de espécies anuais e perenes (pinus, eucalipto e acácia), acúmulo de lixo e esgoto em áreas urbanas, bioinvasão de espécies exóticas, sobrepastoreio, arenização, entre outros (SARMENTO, 2008, p. 7). De acordo com o Mapbiomas, houve uma perda de 29,5% de vegetação nativa apenas entre 1985 e 2021, sendo acentuada nas últimas duas décadas. Dentre os seis biomas brasileiros, o Pampa é o que mais perdeu vegetação nativa.

Em decorrência da degradação desenfreada do bioma, é válido refletir sobre possíveis alternativas para minimizar esse problema tão grave, que põe em risco diversas espécies animais e vegetais. O presente trabalho abordará a temática das Unidades de Conservação (UCs), utilizando aspectos físicos, como unidades geológicas, declividade e tipos de solo para detectar a necessidade e viabilidade de implementação das unidades de conservação no município de Caçapava do Sul.

O Artigo 2 da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) – o principal fórum mundial para questões relacionadas ao tema – define biodiversidade ou “diversidade biológica” como:

“a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

Para ser abordada as unidades de conservação, é necessário entender que:

“a biodiversidade é definitivamente condicionada pela geodiversidade, uma vez que diferentes organismos apenas encontram condições de subsistência quando se reúne uma série de condições abióticas indispensáveis. [...] Mesmo na sociedade contemporânea, somos largamente dependentes da geodiversidade” (BRILHA, 2005, p. 18).

Assim, fica evidente que é necessário para a conservação, levar em conta fatores bióticos como espécies endêmicas, que podem estar sob ameaça extrema (WILSON, 2012) assim como fatores abióticos da paisagem como minerais, rochas, fósseis, solos e recursos hidrológicos, os quais constroem a geodiversidade de um local.

A lei nº 9.985/2000 decretada pelo Congresso Nacional e sancionada pela Presidência da República, em seu item I do artigo 2º, define a Unidade de Conservação como:

“Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.”

Outro aspecto crucial desta lei está no artigo 7º que subdivide as Unidades de Conservação em dois grupos:

- Unidades de proteção integral: objetiva preservar a natureza, sendo admitido somente o uso indireto dos seus recursos naturais; e,
- Unidades de uso sustentável: têm, por objetivo, aliar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), por meio da Lei nº 9.985/2000, instituiu um sistema de unidades de conservação que integra, sob um único marco legal, as unidades de conservação em três entes da Federação (federal, estadual e municipal), bem como afirmou que, pela primeira vez no Brasil, o meio ambiente é visto não como uma restrição ao desenvolvimento, mas como um mosaico de oportunidades de negócios sustentáveis que harmonizam o crescimento econômico, a geração de emprego e renda e a proteção dos recursos naturais, embora seja observada a dificuldade na gestão das áreas de conservação já implementadas (MAGANHOTO *et. al.*, 2014; CABRAL e SOUZA, 2005).

A vantagem de usar imagens de satélite em estudos ambientais vem do seu baixo custo, disponibilidade e aplicabilidade, além da sua eficiência na obtenção de dados de cobertura do solo (PARANHOS FILHO *et al.*, 2008). O uso do sensoriamento remoto nos estudos do meio ambiente vem trazendo ótimos resultados no que se refere aos fenômenos ambientais, apresentando produtos atualizados dos mais diferentes biomas e regiões, através de instrumentos capazes de obter imagens da superfície terrestre a grandes distâncias, transformando os dados obtidos e registrados em informações úteis aos usuários finais dos produtos gerados por esta tecnologia, auxiliando no planejamento e gestão dos recursos naturais (SANTOS, 2018).

Para auxiliar na identificação dos alvos, foi utilizado sensoriamento remoto, o que possibilitará identificar áreas potenciais a partir de imagens de satélite que serão utilizadas como base para entender fatores abióticos como a relação entre solo, declividade e tipos de rochas. Foram utilizados *shapefiles* de Uso e Ocupação do solo disponível no *site* do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS, *shapefiles* de Solos e Geologia obtidos de forma gratuita no portal de mapas do IBGE, ao que se refere ao *raster* de declividade, foi extraído do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, disponível no *site* do INPE. Os mapas confeccionados terão suma importância, pois nestas áreas comumente poderão estar presentes não somente espécies de flora e fauna ameaçadas, mas uma diversidade geológica, cultural e social que traz a identidade daquele bioma. Ainda, segundo Martin *et al.* (2015), a eliminação dos campos nativos, para produção de grãos e madeira torna-se um desperdício do patrimônio fitogenético proporcionado pela natureza em troca de atividades intensivas dependentes de pacotes tecnológicos, que oscilam ao preço do

mercado internacional e vulneráveis aos riscos climáticos. Martin *et al.* (2015), ainda afirma que a relação antropológica com a pecuária e os campos nativos moldou e influenciou a história, os costumes, as lendas, a música e toda a identidade cultural de grande parte da região Sul do Brasil. A cultura gaúcha emana da relação do homem com a natureza e ultrapassa as fronteiras políticas. A eliminação dos campos nativos representa a desconexão com a base natural que fundamenta todo este patrimônio imaterial (MARTIN *et al.*, 2015).

2.OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Indicar alvos para a criação de Unidades de Conservação, com base na identificação dos principais atributos do meio físico, para minimizar a degradação do bioma Pampa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com vistas a atingir o objetivo geral proposto, este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- (i) Observar os aspectos físicos, como caracterização da unidade geológica, declividade e tipos de solo, pois são aspectos construtores da geodiversidade de um local;
- (ii) Incentivar a criação de unidades de conservação com o objetivo da geo e bioconservação.

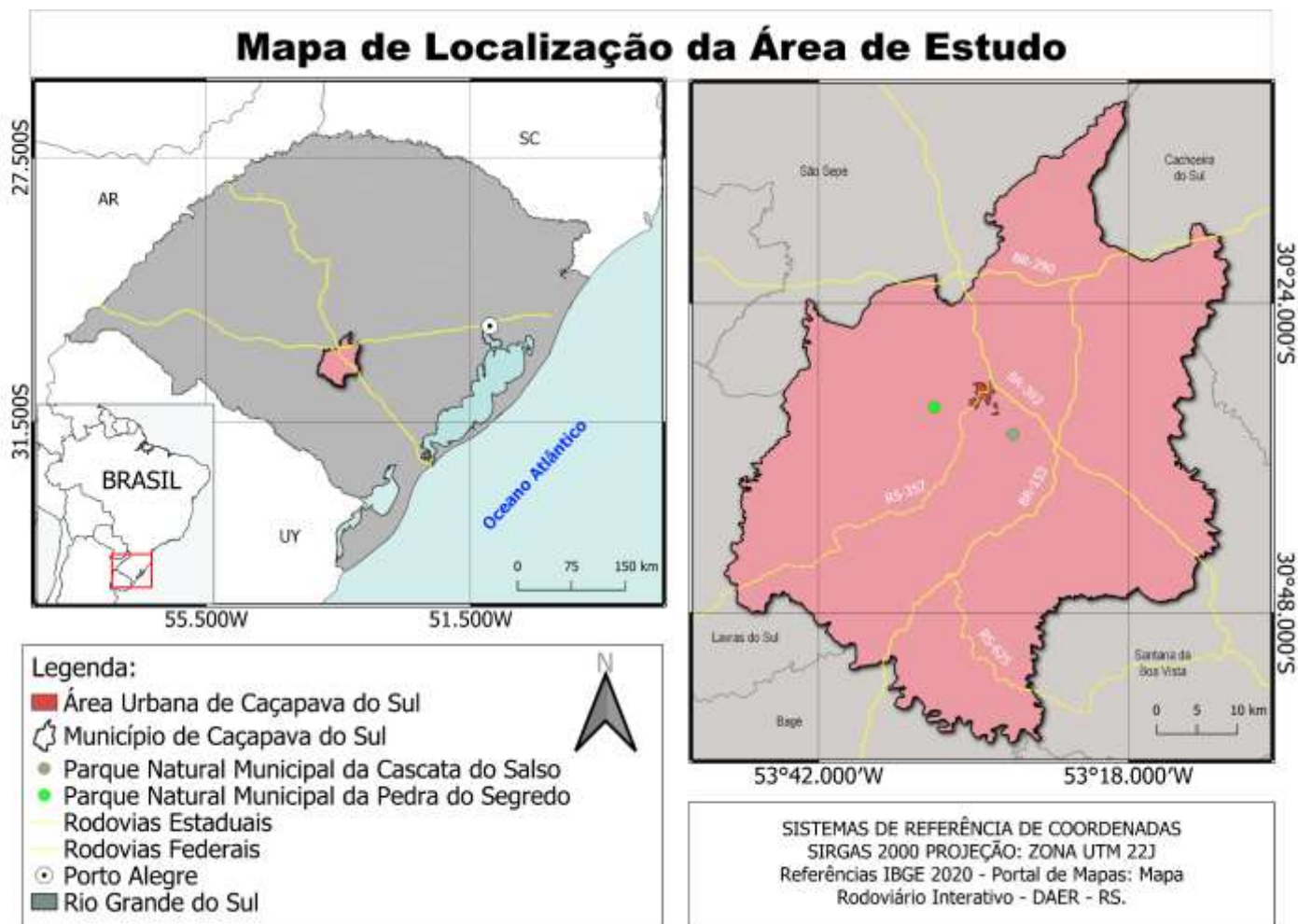
3. JUSTIFICATIVA

No contexto geológico do Escudo Cristalino Sul-rio-grandense, onde também se insere a Bacia Sedimentar do Camaquã, a beleza cênica da paisagem de Caçapava do Sul é marcada pela apresentação de diversos afloramentos de rochas (principalmente arenitos e conglomerados ediacaranos a paleozoicos), que compõem um patrimônio natural de ordem abiótica a ser preservado. A ocorrência de estruturas rochosas de formatos variados em meio à vegetação típica do Pampa gaúcho aguça o espírito aventureiro de turistas, que procuram roteiros alternativos e um maior contato com a natureza (DEGRANDI e FIGUEIRÓ, 2012). O município de Caçapava do Sul possui uma geodiversidade marcante, o que fez com que em 2015 fosse reconhecido a nível estadual como a Capital Gaúcha da Geodiversidade. No entanto, apresenta em seus limites administrativos apenas duas unidades de conservação, uma instituída legalmente pela SEMA-RS (Parque Natural Municipal da Cascata do Salso, com 8,6 hectares) e outra ainda sem reconhecimento oficial por órgão ambiental (Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo, com 4,8 hectares), para a proteção de sua geo e biodiversidade. Assim, do total de 3.047 km² (304.700 hectares) do município de Caçapava do Sul, apenas 0,004% do seu território encontra-se protegido por áreas de conservação. Evidencia-se, assim, a necessidade de uma atenção maior na implementação de áreas de conservação da natureza. Tendo em vista a relevância da geodiversidade do município de Caçapava do Sul, fica evidente a importância de preservar esta região inserida no Pampa gaúcho. Para tal, se torna necessário delimitar áreas de foco com importância ambiental para manter a diversidade considerando os fatores abióticos. Se nada for feito, tanto a fauna quanto a flora poderão apresentar seus índices de ameaça de extinção acentuados. Preservar o Pampa é também preservar sua história, suas espécies endêmicas e o legado gaúcho, já que na federação brasileira o bioma se encontra exclusivamente no Rio Grande do Sul.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área em questão corresponde ao próprio município de Caçapava do Sul, situado na porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Pode ser acessada principalmente através da BR-290 ao sair da capital, Porto Alegre, e percorrer cerca de 220 km por esta rodovia, sentido Sudoeste, até se chegar ao viaduto que conecta a BR-290 à BR-392, onde vira-se sentido Sul, na BR-392, onde percorre-se cerca de 17 km até que se chega na entrada da cidade de Caçapava do Sul. Outra forma bastante utilizada é pela própria BR-392, que liga cidades importantes da região Sul do estado, como Pelotas e Rio Grande, a Santa Maria, na região central do estado, estando a cidade de Caçapava do Sul inserida na rota desta rodovia.

Figura 1 - Mapa de Localização.



Fonte: Autora.

4.1 GEOLOGIA REGIONAL

Localizado na porção centro-sul do estado do Rio grande do Sul (ALMEIDA *et al.*, 1981), o Escudo Sul-rio-grandense (ESRG) é o representante da porção mais ao Sul da grande Província Mantiqueira, abrangendo área de cerca de 65.000 km² (CHEMALE JR., 2000).

4.1.1 Província Mantiqueira

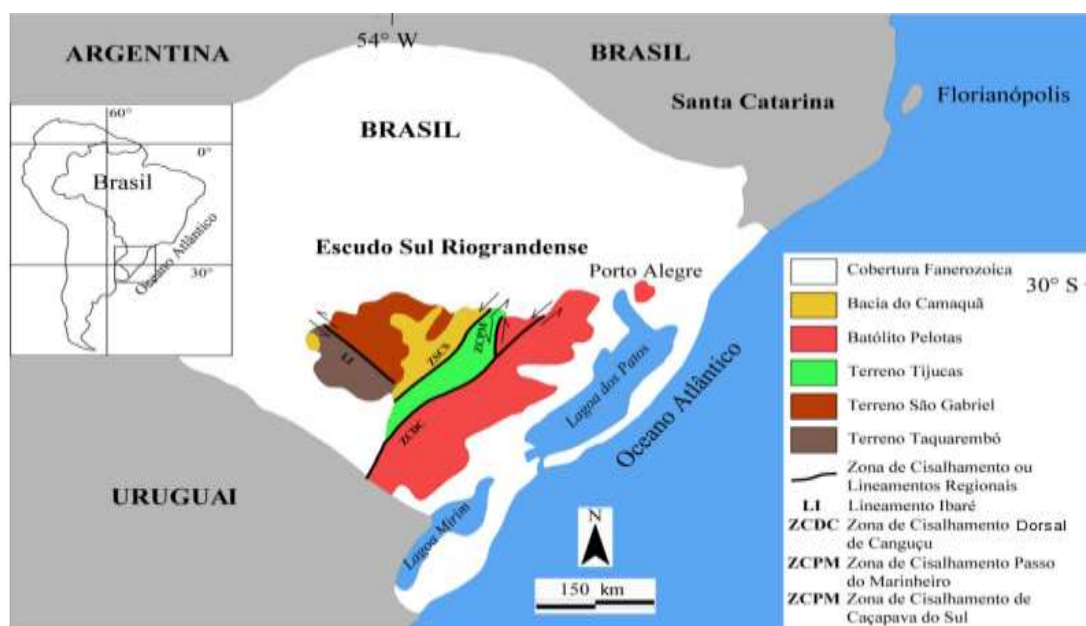
Segundo Almeida (1977) Almeida *et al.* (1981), a Província Mantiqueira estende-se em direção NE-SW ao longo da costa do Atlântico por mais de 3.000 km, desde o Uruguai até a altura do paralelo 15º S. Caracteriza alguns orógenos, distribuídos do Sul da Bahia até o ESRG, sendo: Araçuaí, Brasília Meridional, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel. Surgida no Neoproterozoico, evoluiu a partir da Orogenia Brasileiro-Pan Africana, que aglomerou o Paleocontinente Gondwana Ocidental (HEILBRON *et al.*, 2004), no decorrer do desenvolvimento da orogenia Proterozoica, que resultou no fechamento dos antigos oceanos Goianides e Adamastor. Suítes de arcos magmáticos oriundas de um evento posterior de subducção foram, depois, colididas contra o continente, além da própria colisão continente-continente.

4.1.2 Escudo Sul-rio-grandense

A formação do ESRG é associada a eventos de criação e posterior deformação das crostas oceânica e continental em meio ao dito ciclo orogênico transamazônico (2,28 – 2,00 Ga) e brasileiro (900 – 535 Ma.), sofrendo interferência posterior com processos de colisão determinantes para a expansão da porção ao Sul do que hoje é a América do Sul, e é dividido em cinco unidades geotectônicas principais, sendo elas: Bacia do Camaquã, Batólito Pelotas, Terreno São Gabriel, Terreno Tijucas e Terreno

Taquarembó (Fig. 2). Enquanto as quatro primeiras unidades se referem ao Cinturão Dom Feliciano, este último refere-se a importante e considerável área do Cráton Rio de La Plata. O ESRG abrange processos com eventos magmáticos, metamórficos, metalogenéticos e sedimentares, com idades que variam desde o Paleoproterozoico até o Paleozoico Inferior.

Figura 2 - Mapa representativo das unidades geotectônicas principais do ESRG.



Fonte: BICCA (2013), modificado de Philipp (2010).

Terreno Taquarembó - Pode ser correlacionado com o Terreno Nico Pérez, localizado no Uruguai (CAMOZZATO *et al.*, 2016). É composto por granitos neoproterozoicos e granulitos paleoproterozoicos oriundos essencialmente do Complexo Granulítico Santa Maria Chico. Encontra-se a Leste do antigo Cráton Rio de La Plata, como uma porção que foi retrabalhada pela Orogenia Brasileira, mas oriunda de frações paleocontinentais.

Terreno Tijucas - É composto pelo Complexo Porongos, com rochas plutônicas supracrustais do neoproterozoico e pelo Complexo Encantadas, de idades mais antigas, com composição granito-gnáissica do paleoproterozoico. Ao longo de sua extensão, apresenta rochas metavulcânicas e metassedimentares que possivelmente sofreram retrabalhamento durante o pré-cambriano.

Terreno São Gabriel - É um terreno com considerável variedade geológica, pois apresenta rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas, gnaisses de composição

cálcio-alcálica, rochas plutônicas e ofiolitos que estão caracterizados como algumas associações de rochas (HARTMANN *et al.*, 2007), intercalados com outros complexos, de magmatismo juvenil, que se desenvolveram entre 900 e 690 Ma., aproximadamente, em arcos intra-oceânicos distintos (CAMOZZATO *et al.*, 2016).

Batólito Pelotas - Define-se como complexo plutônico expressivo, multi-intrusivo e polifásico (PHILIPP, 1998), e estende-se ao longo de cerca de 400 km de extensão e 100 km de largura. Suas idades variam entre 620 e 550 Ma. Tem composição essencialmente de rochas granitóides, caracterizando, também, eventuais afloramentos de rochas básicas e, nas porções que estão encaixadas, algumas ocorrências metamórficas.

Bacia do Camaquã - Abrange uma sequência vulcano-sedimentar que aflora no Escudo Sul-rio-grandense e depositou-se nas fases tardi-a-pós-colisionais do Ciclo Brasileiro do Cinturão Dom Feliciano (e.g. Fragoso-César, 1984; Chemale Jr. *et al.*, 1995; Paim *et al.*, 2000; Hartmann *et al.*, 2008). De acordo com os autores Fragoso Cesar *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2012) classificam a Bacia do Camaquã como Supergrupo Camaquã e a dividem, com pouca divergência, da seguinte forma da base para o topo: Grupo Maricá, Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho, Grupo Santa Bárbara, Grupo Guaritas e Suíte Intrusiva Rodeio Velho.

4.1.3 Bacia do Paraná

É uma região sedimentar Sul-americana que se estende desde o Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, com porções que abrangem também o Norte da Argentina, o Leste do Paraguai e o Norte do Uruguai, totalizando cerca de 1,4 milhões de km². Seu formato é ovalado, preferencialmente no eixo N-S. O registro estratigráfico da bacia é composto de um pacote sedimentar-magmático com até 7 mil metros em seu ponto mais espesso (MILANI *et al.*, 2007).

O processo evolutivo da Bacia do Paraná tem seu início através de depósitos sedimentares datados do Paleozoico, culminando, posteriormente, em um pacote de rochas vulcânicas no Cretáceo Superior, por cerca de 400 milhões de anos. De acordo com Vail *et al.* (1977), seis pacotes rochosos, conceituados como supersequências

ou unidades de ampla escala, demarcando intervalos de tempo de algumas dezenas de milhões de anos, são reconhecidos no registro estratigráfico da Bacia do Paraná: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero a Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico a Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo), demarcados por superfícies de discordância de caráter inter-regional.

4.2 GEOLOGIA LOCAL

A cidade de Caçapava do Sul está situada sobre o Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS), que intruiu e revelou-se em terreno circundado por rochas metamórficas do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF). Mais além das metamórficas, está a cobertura vulcanossedimentar da Bacia do Camaquã e de forma mais restrita, da Bacia do Paraná.

4.2.1 Complexo Metamórfico Passo Feio

O Complexo Metamórfico Passo Feio é a unidade circundante do Complexo Granítico Caçapava do Sul (Fig. 3), disposto por todas as direções. Este corpo metamórfico apresenta um grau de metamorfismo que tende a aumentar regionalmente à medida que se aproxima do CGCS. Esta graduação gera uma sequência de metapelitos, anfibolitos, rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas, além de rochas calcilissicláticas, quartzitos xisto-magnesianos com andalusita e estauroлита e rochas quartzo-feldspáticas metamorfizadas (BITENCOURT, 1983). Segundo Bitencourt (1983), houve dois eventos de metamorfismo regional, chamados M1 e M2, que foram acompanhados de duas fases de deformação, D1 e D2. M1 foi aquele que atingiu a fácies anfibolito, gerando estauroлита associada à andalusita - indicando que foi evento de baixa pressão. M2, por sua vez, é retrogressivo de fácies xisto verde.

4.2.2 Complexo Granítico Caçapava do Sul

O Complexo Granítico Caçapava do Sul é uma intrusão granítica encaixada, que apresenta contato concordante nas rochas metavulcanossedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio (BITENCOURT, 1983). Segundo Nardi & Bitencourt (1989), o complexo se trata de uma ocorrência de dimensões batolíticas, com cerca de 25 km no sentido N-S e 10 km em sentido E-W, o que dá uma forma elipsoide ao Complexo. Apresenta principalmente sienogranitos e monzogranitos, com tonalitos, quartzo-dioríticos, e biotita-granodioritos de forma mais restrita. Nardi & Bitencourt (1989) argumentam que existem duas foliações no CGCS, sendo uma principal e outra secundária. O CGCS possui idade ígnea U/Pb, datada em zircão, de 562 ± 8 Ma. (REMUS *et al.*, 2000). É classificado como um granito de composição essencialmente cálcio-alcálica com alto K, evidenciando, também, possível contribuição crustal (GASTAL e LAFON, 1998).

4.2.3 Bacia do Camaquã

A tectônica da Bacia do Camaquã é relacionada a um sistema de riftes intracontinentais anorogênicos de direção preferencial NNE-SSW. Durante a evolução tectono-sedimentar da bacia ocorreu o condicionamento pelo soergimento de altos do embasamento como o Alto de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas. A BC é dividida em três sub-bacias: Camaquã Ocidental, Camaquã Central e Camaquã Oriental (FRAGOSO CESAR *et al.*, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2009).

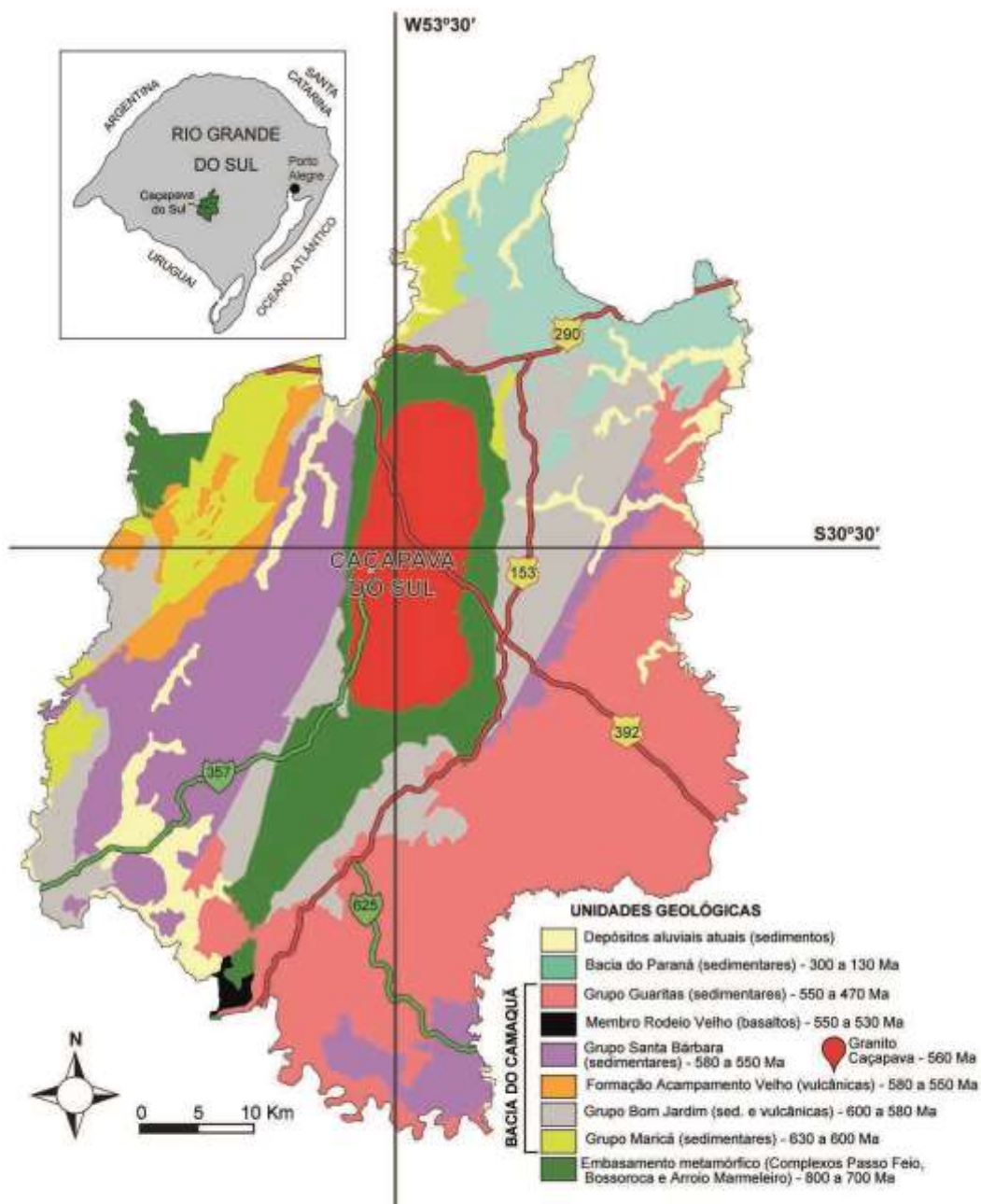
4.2.4 Bacia do Paraná

Na porção Norte do município, depositadas horizontalmente sobre a Bacia do Camaquã, ocorrem rochas sedimentares da Bacia do Paraná. São arenitos e conglomerados com baixo grau de litificação das formações Rio Bonito e Itararé. Formam discordâncias angulares com as rochas da Bacia do Camaquã e possuem

poucos metros de espessura. Localmente possuem conteúdo fossilífero, principalmente de origem vegetal.

Conforme a figura 3, a seguir, as delimitações dessas feições geológicas.

Figura 3 - Mapa geológico simplificado de Caçapava do Sul.



Fonte: Modificado de Wildner *et al.*, 2006.

4.2.5 Caracterização Fisiográfica

O Pampa é caracterizado por uma coleção pedo e litológica sob, segundo o IBGE (2004), uma fitofisionomia campestre, com vegetação caracterizada principalmente como herbáceo/arbustiva em terrenos de relevo plano ou suavemente ondulado.

É fisiograficamente formado por quatro unidades principais: Planalto da Campanha, Planície Costeira, Depressão Central e Planalto Sul-rio-grandense. O Planalto da Campanha é predominantemente composto por relevo suavemente ondulado, utilizado, em geral, para fins agropecuários, como pastagens e plantações de arroz. A Planície Costeira é formada por terrenos sedimentares que oriundos de ambientes tanto fluviais quanto marinhos, localizados na porção oriental do estado do Rio Grande do Sul, desde o Sul, na fronteira com o Uruguai, até o Norte, na divisa com o estado de Santa Catarina. Se trata de áreas com tendência ao relevo plano ou apresentando depressões, com solos, em geral, hidromórficos ou arenosos (IBGE, 2004).

No centro do Rio Grande do Sul, a depressão central isola o Planalto Sul-rio-grandense do restante do estado. Estendida desde Porto Alegre até o Oeste e a porção centro-sul do estado, é composta, sobretudo, por terrenos sedimentares, caracterizada por campos arbustivo-herbáceos. Possui maior disponibilidade de umidade, muito em função de ser uma faixa onde há maior regularidade no regime de chuvas (IBGE, 2004).

Por fim, o Planalto Sul-Rio-Grandense é caracterizado pela porção pré-cambriana posto entre a planície marino-lacunar e a Depressão Central, com altitudes que podem chegar a altitudes entre 300 e 400 metros. Por conta da influência marinha e de sua altitude, são terrenos que costumam receber um regime de chuvas mais relevante. Por conta disso, a cobertura vegetal natural é mais complexa. Entretanto, de modo geral, há a predominância de pastagens naturais e/ou manejadas (IBGE, 2004).

5.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Levando em conta o objetivo geral do estudo, é necessária uma ampla revisão dos conceitos apresentados a respeito das unidades de conservação. A conservação da natureza é um desafio que acompanha a humanidade desde os primórdios da sociedade. Dessa forma, conseguir equilibrar o avanço do homem com o uso sustentável da terra é um tópico que tem ganhado relevância nas últimas décadas. Segundo Silva (2016), as Unidades de Conservação constituem uma das principais propostas para diminuir os efeitos de degradação de ecossistemas naturais do Brasil e de todo planeta.

Segundo Pureza (2016), as primeiras áreas protegidas são do ano de 252 a.C., na Índia, o imperador Ashoka determinou a proteção de áreas florestadas e de algumas espécies terrestres e aquáticas. Registros posteriores referem-se a Parques de Caça para a realeza, somente com fins de recreação - o primeiro data de 648 a.C., na ilha de Sumatra. Na África, as primeiras áreas tiveram motivações espirituais, relacionadas às divindades ou aos curandeiros. A Reserva Florestal mais antiga, criada por lei, com objetivo de conservação, foi a Reserva de Tobago, nas ilhas de Trinidad e Tobago, no Caribe, em 1776. É considerado um marco na história da conservação e da preservação do meio-ambiente.

O marco fundamental da estratégia do estabelecimento desses sistemas de áreas naturais protegidas foi a criação do Parque Nacional de *Yellowstone* nos EUA, em 1872, ainda que a definição do conceito de Parque já houvesse sido esboçada anos antes (1830) por George Catlin (MCCORMICK, 1992), e que tenham existido outros tipos de áreas protegidas definidas anteriormente a essa data.

No Brasil, embora as primeiras iniciativas para a criação de UCs datem de 1876, inspirado na estratégia de *Yellowstone*, a criação do primeiro parque nacional foi somente em 1937 com o Parque Nacional do Itatiaia (Fonseca *et al.*, 2010).

As áreas protegidas em função de suas características naturais totalizam 20,6 milhões de quilômetros quadrados e cobrem 15,4% da superfície terrestre do planeta.

Em vista disso, muitos autores consideram as áreas protegidas como a principal estratégia de proteção da diversidade biológica. A sua implementação e o seu manejo são elementos importantes de qualquer política ambiental nacional (JUFFE-BIGNOLI *et al.*, 2014; GELDMANN *et al.*, 2013; DUDLEY, 2008).

O conceito de unidade de conservação foi definido principalmente pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN), em 1994, como unidade de conservação ou área protegida, “uma superfície de terra ou mar consagrada à proteção e manutenção da diversidade biológica, assim como dos recursos naturais e culturais associados e manejados através de meios jurídicos e outros eficazes” (IUCN, 2011).

Segundo Brito (2000), “a concepção de conservação da natureza *in situ*, mais difundida mundialmente, propõe o estabelecimento de um sistema de áreas naturais protegidas. Segundo o Manual de Planejamento de Sistemas Nacionais de Áreas Silvestres Protegidas na América Latina, os Sistemas Nacionais de Área Naturais Protegidas são”:

“Um conjunto de espaços naturais protegidos, de relevante importância ecológica e social, pertencentes à nação, que se relacionam ordenadamente entre si e por meio de sua proteção e gestão, contribuem para a consecução de determinados objetivos de conservação e, por sua vez, para o desenvolvimento sustentado da nação.” (Moore & Ormazábal, 1988:2).

Vale ressaltar que as áreas protegidas devem contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável e da inclusão social, tendo papel urgentíssimo no desempenho da luta contra a extinção de espécies, de populações - com seus *pools* de variedades genéticas - e de ecossistemas - com suas miríades de interações (WILSON, 2002; WILSON, 2008).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), as unidades de conservação previstas no SNUC estão divididas em 12 categorias, sendo distribuídas em dois grupos. O primeiro grupo é representado pelas Unidades de Proteção Integral, no qual a proteção da natureza é o principal objetivo. Nesse grupo, regras e normas são mais restritivas, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, ou seja, aquele que não envolve consumo, coleta ou danos a tais recursos como por exemplo:

atividades voltadas à visitação, recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental. Sendo:

- Estação Ecológica (ESEC): tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas;
- Reserva Biológica (REBIO): tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais;
- Parque Nacional, Parque Estadual e Parque Natural Municipal: têm como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico;
- Monumento Natural (MONA): tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com o uso da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários; e,
- Refúgio de Vida Silvestre (RVS): tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se assegurem condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Ainda em acordo com o MMA (2019), o outro grupo corresponde às Unidades de Uso Sustentável, pensadas para conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse grupo, as atividades que envolvem coleta e o uso dos recursos naturais são permitidas, mas desde que praticadas de forma a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, conforme definido nos planos de manejo. Sendo:

- Área de Proteção Ambiental (APA): é em geral extensa, com um certo grau de intervenção, mas dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. Tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais;
- Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE): é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional. Tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza;
- Floresta Nacional, Floresta Estadual e Floresta Municipal: a Floresta é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos de exploração sustentável de florestas nativas;
- Reserva Extrativista (RESEX): é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade;
- Reserva de Fauna: é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos;
- Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS): é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica; e,

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN): é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica;

A primeira Unidade de Conservação do estado do Rio Grande do Sul foi criada em 1947, pelo Decreto nº 2.312, de 11 de março de 1947 inicialmente como Reserva Florestal Estadual, em 1954, passou a categoria de Parque Estadual. O Parque Estadual do Turvo abriga muitas espécies ameaçadas de extinção, como a onça-pintada (*Panthera onca*), o puma (*Puma concolor*), o cateto (*Pecari tajacu*), a anta (*Tapirus terrestris*), o pica-pau-rei (*Campephilus robustus*), a jacutinga (*Aburria jacutinga*) e o uru (*Odontophorus copueira*). São encontradas árvores com até 30 metros de altura, destacando-se o cedro (*Cedrela fissilis*), a grápia (*Apuleia leiocarpa*), a canjerana (*Cabralea canjerana*) e o louro (*Cordia trichotoma*). Também existem diversas espécies de peixes, répteis, anfíbios, borboletas, insetos e fungos, (SEMA).

No município de Caçapava do Sul, Borba *et al.* (2013) já sugerem que, dentro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que prevê unidades de proteção integral ou de uso sustentável, seria ideal e possível uma grande UC de uso sustentável, como uma Área de Proteção Ambiental (APA), que englobasse todos os 30 km² das Pedras das Guaritas, a extensa área do Rincão da Tigra, mais alguns geossítios de interesse fora de Caçapava do Sul, como os conjuntos geomorfológicos do Cerro da Cruz e da Pedra Pintada (Santana da Boa Vista), o cânion do Rincão do Inferno (Bagé/Lavras do Sul) e a Casa de Pedra (Bagé), entre outros a serem avaliados, estabelecendo um relativo *status* de proteção ambiental para toda a bacia do alto rio Camaquã e para seu curso principal.

No município estão presentes duas Unidades de Conservação, uma delas, instituída legalmente pela SEMA-RS (Parque Natural Municipal da Cascata do Salso, com 8,6 hectares) e outra ainda sem reconhecimento oficial por órgão ambiental (Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo, com 4,8 hectares). A respeito do gerenciamento das Unidades, o Parque Natural Municipal da Cascata do Salso está com o plano de manejo em desenvolvimento, esse plano terá papel fundamental para criar um gerenciamento do Parque, estabelecendo zoneamento e normas para seu uso, já a Pedra do Segredo ainda não possui regulamentação oficial. Devido a isso,

segundo Silva (2016), a área da Serra do Segredo corre risco de degradação, devido às atividades de mineração, consumado avanço da silvicultura e a visitação descontrolada. A implementação oficial de uma Unidade de Conservação na área da Serra do Segredo, é de extrema importância e urgência, ainda com a elaboração de um plano de manejo e de um plano de gestão geoturística para a região. Silva (2016), ressalta que as espécies como *Fraileia horstii*, *Parodia Scopa* e *Parodia rudibuenekeri* e *Petunia Secreta* estão em franco processo de extinção, devido à falta de planejamento turístico e coletas com fins não científicos.

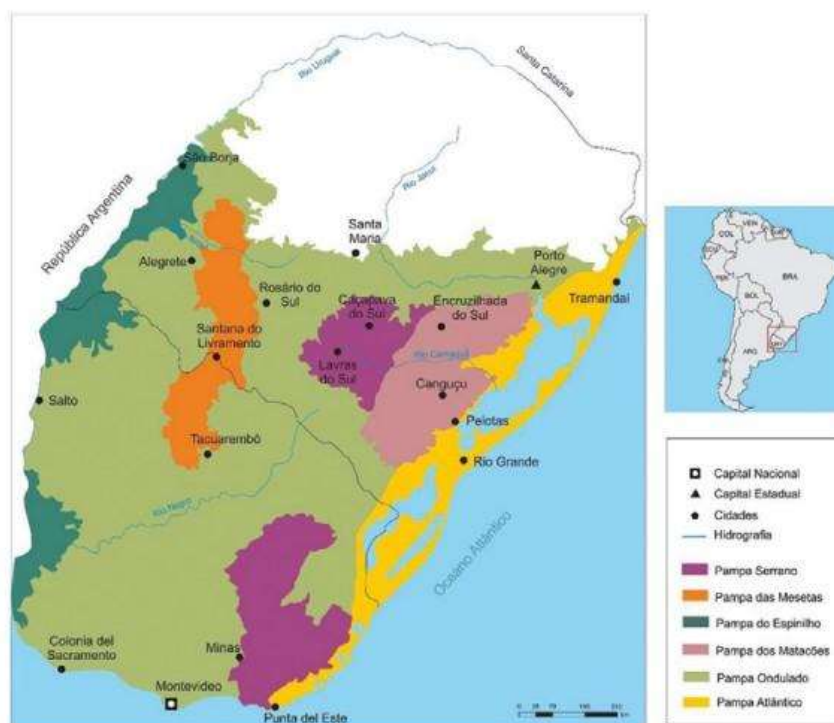
5.2 O Pampa

O Pampa é um dos seis biomas terrestres ou grandes regiões naturais do Brasil. É o único que se estende por um só estado, ocupando uma superfície de 178 mil km², que representa 63% do território gaúcho e 2,1% do território nacional. O Pampa gaúcho faz parte de uma extensa região natural com mais de 750 mil km² que abrange todo o Uruguai, o centro-leste da Argentina e o extremo Sudeste do Paraguai, além da metade Sul do Rio Grande do Sul. Essa região, denominada *Pastizales del Río de la Plata* ou, simplesmente, Campos e Pampas, constitui a maior extensão de ecossistemas campestres de clima temperado do continente Sul-americano. (BENCKE, CHOMENKO e SANTANA, 2016).

No Pampa encontra-se a APA do Ibirapuitã, a única unidade de conservação (UC) federal do bioma, tornando-a muito importante e uma referência para manter a biodiversidade local. Está presente nos municípios de Alegrete, Quaraí, Rosário do Sul e Sant'Ana do Livramento com 318.767 hectares abrangendo o trecho superior da bacia do rio Ibirapuitã. (SILVEIRA *et al.*, 2005).

Devido a sua heterogeneidade, o Pampa foi subdividido em pampa uruguaio-Sul-rio-grandense e em seis ecoprovíncias ou unidades paisagísticas, conforme proposto por Sell *et al.* (2015) e Sell (2017), como visto na figura 4.

Figura 4 - Subdivisão da ecorregião do Pampa Uruguaio-Sul-rio-grandense em ecoprovíncias ou grandes unidades paisagísticas, com base, sobretudo, em características da geodiversidade e evolução geológica.



Fonte : Sell, 2017.

O Pampa representado em Caçapava do Sul é compreendido por duas ecoprovíncias, o Pampa ondulado e principalmente pelo Pampa serrano. Segundo Sell e Borba (2020), o Pampa ondulado pode ser considerado a matriz dessa distribuição, sendo caracterizada por coxilhas suaves, com vegetação predominantemente campestre e com vegetação florestal ciliar, onde os processos climáticos de denudação foram mais efetivos na formação do relevo do que as características de substrato rochoso. Nessa matriz mais ampla que se verificam as atividades mais vinculadas ao imaginário do “Pampa”: a pecuária extensiva de gado de corte europeu. É nessa grande unidade paisagística que constam os problemas ambientais, principalmente vinculados com a progressiva e assustadora conversão dos campos nativos em pastagens exóticas, silvicultura, lavoura de soja, com a decorrente perda da biodiversidade. Assim, a pecuária tradicional vai perdendo espaço, atividade que foi responsável, para a conservação e a própria conformação (florística e paisagística) do Pampa gaúcho da maneira como esse conjunto paisagístico se apresenta na atualidade. (SELL e BORBA, 2020).

O Pampa serrano constitui uma ecoprovíncia de serras e cerros cristalinos com mosaicos campo-floresta e formações arbustivas, em Caçapava do Sul, engloba a porção ocidental do Escudo Sul-rio-grandense, e a característica física mais importante dessas áreas é sua substancial geodiversidade: rochas metamórficas antigas (xistos, quartzitos, mármore, gnaisses) encontram-se intrudidas por corpos graníticos isolados e recobertas por unidades sedimentares antigas e por sucessões vulcânicas diversas. (BORBA *et al.*, 2013; SELL *et al.*, 2015).

5.2.1 Estado de Conservação Atual do Pampa

O relatório lançado na COP 27 (Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas), publicado pelo Mapbiomas em 2022, caracterizou o Pampa como uma vasta região que anteriormente era dominada por pastagens naturais. Quase metade da área referente ao Pampa já foi convertida para a agricultura, principalmente para a produção agrícola em larga escala, que cresceu 17,4% nas últimas duas décadas. Ao mesmo tempo, as áreas protegidas representam menos de 0,5% do bioma. Entre 2000 e 2019, o Pampa viu desaparecer 8,5 Mha de vegetação nativa – uma perda de 16,3% em relação a 2000, equivalente a 0,7 Gton CO₂. Enquanto o Brasil teve a maior perda proporcional de vegetação nativa do Pampa (19,6%, ou 2,1 Mha), principalmente devido à expansão da soja, a Argentina sofreu a maior perda de vegetação nativa em termos absolutos (5,1 Mha, ou 17,6%). A perda de vegetação nativa na parte uruguaia do Pampa atingiu 1,2 Mha (10,1%, comparado a 2000).

Portanto, nota-se, segundo Rovedder (2013), que os problemas ambientais no Bioma Pampa estão vinculados a conversão de terras para fins econômicos sem levar em consideração à vocação natural do solo e às peculiaridades regionais, de forma que, acarretam na fragmentação de habitats e suprimem o fluxo gênico, na contaminação biológica por espécies invasoras e na degradação do solo. Assim, trazem uma perda no potencial e riqueza do bioma. Segundo Pillar *et al.* (2009) nos últimos 30 anos, houve um decréscimo de 25% das áreas naturais em função das atividades agrícolas. Segundo Pereira (2014), o grande investimento nas monoculturas tem ameaçado a biodiversidade, tanto no aspecto antropológico quanto biológico e geográfico. Essa afirmação tem sido bastante levantada pelos pesquisadores Paulo Brack, Valério Pillar e Ilsi Boldrini da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os monocultivos são uma alternativa de renda superior quando

comparada com a pecuária e a agricultura, porém, ainda de acordo com Pereira (2014), não se monetizam os danos ambientais irreversíveis causados. De acordo com Brack (2007), a silvicultura convencional, realizada em áreas cada vez maiores, é insustentável pelo simples fato de não respeitar os fundamentos biológicos dos processos naturais desenvolvidos ao longo de muitos anos. Não se leva em conta o esgotamento que causa no solo, a perda da biodiversidade, a desconstituição das culturas humanas diversas, a alteração no escoamento e infiltração da água e sua evapotranspiração. As monoculturas, ao contrário dos sistemas naturais, objetivam o lucro, em menor tempo. (BLACK, 2007, p. 3).

O rápido avanço da frente agrícola, assim como a invasão do capim Annoni (*Eragrostis plana*) são as maiores ameaças para os Campos Sulinos (Pillar *et al.*, 2006; Overbeck *et al.*, 2007).

Segundo Behling *et al.* (2009), pela legislação, as queimadas sobre o campo com propósitos de manejo, estão proibidas. Porém, as atividades de pastoreio poderiam ser uma maneira de manter os campos, com o número limitado de cabeças de gado poderia ser uma alternativa de manejo dos campos, o que seria mais apropriado do que queimadas, que apresentam mais efeitos negativos, tais como a degradação do solo, poluição do ar e risco de fogo incontrolável.

Os grandes mamíferos que viviam nos campos no Sul do Brasil até o início do Holoceno poderiam ter tido um papel importante na manutenção da alta diversidade da vegetação de campo, similar ao gado em tempos modernos. Behling *et al.* (2009) relacionam a extinção da megafauna pleistocênica com o aumento marcante na frequência de paleofogos, conforme revelado por registros palinológicos (Behling *et al.* (2004); Behling *et al.* (2005), Behling e Pillar (2007)).

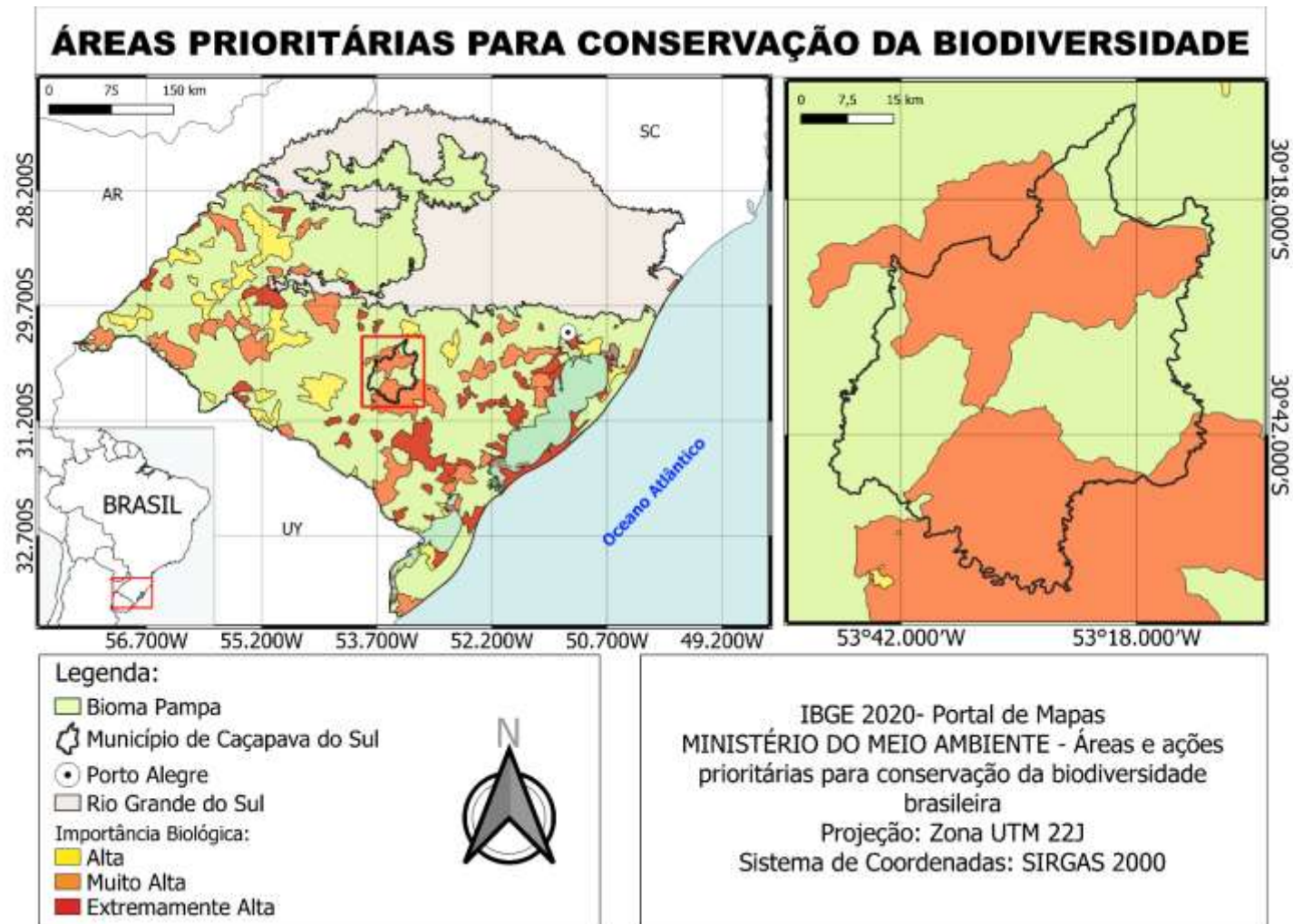
Ambos os fenômenos possivelmente possuem causas climáticas e antropogênicas. O ponto é que, a história evolutiva recente dos campos do Sul do Brasil, o fogo parece ter substituído os grandes herbívoros pastadores como principal agente de perturbação responsável pelo dinamismo da vegetação campestre (Behling e Pillar, 2007), o que pode ter permitido a manutenção de espécies originalmente dependentes do pastejo (i.e., associadas aos estádios iniciais de sucessão dos campos) mesmo na ausência de grandes herbívoros nativos.

Alguns autores argumentam que o pastejo não está longe na história evolutiva dos ecossistemas campestres da região e que, a introdução do gado bovino e equino, na metade do século XVII, não representou um grande impacto à biota campestre Sul-brasileira. (Quadros e Pillar 2002; Pillar *et al.*, 2006; Behling e Pillar, 2007). Porém, segundo Nabinger (2006), o modelo de Milchunas *et al.* (1988), enquadrando os Campos Sulinos entre os ecossistemas campestres mais vulneráveis ao pastejo, devido ao curto histórico de coevolução com grandes herbívoros e pelos evidentes sinais de degradação por sobrepastejo no bioma. Devido ao paradoxo das ideias, são discussões ainda abertas que precisam ser mais avaliadas, o fato é que os ecossistemas campestres do Sul-brasileiro possuem um longo histórico de coevolução com herbívoros pastadores, interrompido há 8.000 anos pela extinção da megafauna pleistocênica e “retomado” com a introdução do gado doméstico nos campos do Rio Grande do Sul pelos colonizadores europeus, no século XVII.

5.2.2 Áreas Prioritárias de Conservação do Pampa

O Ministério do Meio Ambiente classificou áreas e ações prioritárias para conservação da biodiversidade brasileira, no mapa (figura 5), a seguir. Nota-se, que o município de Caçapava do Sul em sua maior parte está classificado como de importância biológica muito alta, o que demonstra, portanto, uma preocupação maior para a conservação. Além disso, Caçapava do Sul insere-se no Projeto Pró-Espécies, que, aqui contemplado pelo Plano de Ação Territorial (PAT) Campanha Sul e Serra do Sudeste (SEMA, 2021), visa a redução das ameaças e na melhoria do estado de conservação de 30 espécies da flora e fauna e seus ambientes, por meio da valorização e promoção de práticas sustentáveis e da participação social.

Figura 5 - Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.



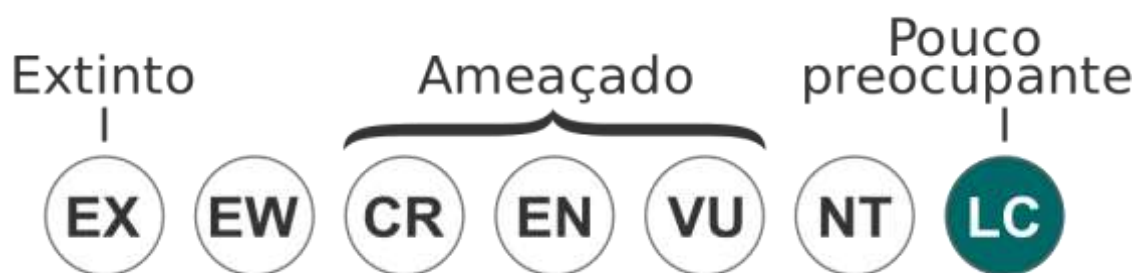
Fonte: autora.

5.3 Espécies Ameaçadas

Boldrini (2009) afirma que a vegetação campestre apresenta alta diversidade de espécies e está em plena harmonia com o ambiente, ou seja, que é adaptada aos diferentes locais. As plantas presentes possuem em sua fisiologia e morfologia características peculiares capazes de suportar estresses do ambiente. No entanto, a substituição da vegetação original por outra atividade, implicará em alterações, como redução e perda da biodiversidade, tanto vegetal quanto animal, pois todo organismo faz parte de uma cadeia trófica e no momento que se altera a comunidade, esta cadeia sofre desequilíbrio, podendo aumentar populações de determinados organismos, os quais podem se tornar pragas, principalmente em espécies exóticas, como é o caso do capim-annoni (*Eragrostis plana*). Boldrini (2009), alerta que a aplicação de herbicidas sobre a vegetação campestre para introdução de espécies forrageiras cultivadas, manejo inadequado de animais, que levam ao sobrepastejo, o qual seleciona espécies adaptadas ao mesmo e o uso sistematizado do fogo é também responsável pela destruição deste ecossistema natural, além de todo impacto causado na fauna e solo. Por fim, Boldrini (2009) reafirma o compromisso humano como sociedade civilizada, para respeitar a vida e manter um ambiente saudável para a geração atual e para as futuras, atuando de forma sustentável, minimizando impactos ambientais e respeitando a vocação pecuária consciente do ecossistema campestre. A seguir, podem ser observados os impactos diretos das ações humanas sobre a fauna e flora, na qual, nos últimos anos levou diversos animais a completa extinção e no Bioma Pampa, são encontrados animais com risco severo de extinção, que podem ainda, serem convertidos se forem aplicadas medidas cabíveis para tal fim.

Segundo a IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza e Recursos Naturais) existem sete categorias para classificação de espécies em perigo de extinção, conforme ilustra a figura 6:

Figura 6 - Categorias de Classificação de Espécies em Perigo de Extinção.



Fonte: IUCN Red List.

Como mostrado na figura acima se classifica em uma variação de *Pouco preocupante* a *Extinto*. Na primeira categoria encontram-se espécies classificadas em Seguros ou Pouco preocupantes (LC), normalmente compreendem a um grupo amplamente distribuído e abundante. Já na categoria *Quase ameaçada* (NT) são espécies que irão se encontrar em perigo em um futuro muito próximo. Nas categorias seguintes serão classificados como “ameaçados” que se encontram nas categorias de *Vulnerável* (VU), *Em perigo* (EN) e *Criticamente em perigo* (CR) sendo a última a categoria de maior risco atribuída a Lista Vermelha. Nas últimas duas categorias estão as espécies Extintas na natureza (EW), que são conhecidas por sobreviver apenas em cativeiro ou como uma população naturalizada fora de sua área natural e, por fim a classificação Extinta (EX) que corresponde ao momento de extinção no qual é considerado como sendo a morte do último indivíduo da espécie, que, assim, finaliza a classificação.

5.3.1 Flora

A diversidade biológica que ocorre no Rio Grande do Sul, se deve, em especial, à diversidade de solos procedentes da grande variabilidade geológica, topográfica, distribuição da pluviosidade, temperatura e disponibilidade de água. (BOLDRINI, 2009). A vegetação que predomina em Caçapava do Sul é caracterizada por mosaicos de floresta-campo, esta região parece estar sujeita ao processo de colonização de espécies florestais em áreas de campo, além do aumento da densidade de arbustos. A região é diversificada em relação às espécies de plantas em áreas inicialmente caracterizadas como formações de campo limpo. (PMSB, 2013).

Segundo o PMSB (2013) dentre as espécies arbóreas nativas mais abundantes no município de Caçapava do Sul pode-se citar: Araucária (*Araucaria angustifolia*), Angico-vermelho (*Parapitadenia rigida*), Canela (*Nectandra spp*), Cedro (*Cedrela fissilis*), Coronilha (*Scutia buxifolia*), Açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), Aroeiras (*Schinus spp e Lithraea spp*), Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Branquilha (*Sebastiania klotzchiana*), Chal-chal (*Allophylus edulis*), Murta (*Blepharocalys salicifolius*), Carvalhinho (*Casearia sylvestris*) e Guajuvira (*Cordia americana*). Algumas espécies arbóreas, como o exemplo da Araucária, possuem alto valor econômico, sua madeira possui excelente qualidade, o pinhão é amplamente consumido pela população do Sul do Brasil, e tem grande importância como fonte de alimento para a fauna, sendo muito nutritivo e energético. No entanto, é citada como ameaçada na flora nativa ameaçada de extinção no Estado do Rio Grande do Sul, tendo seu estado de conservação considerado Vulnerável (VU). Das outras espécies, enquanto ao estado de conservação ainda não está bem claro na literatura.

Também, pode-se notoriamente mencionar as espécies endêmicas presentes no município de Caçapava do Sul: *Cypella pusilla*, *Mangonia tweediana*, *Parodia rudibuenekeri*, *Petunia secreta*, *Pavonia secreta*, *Tillandsia bela*, *Trixis pallida* (Quadro 1). As espécies mencionadas estão criticamente em perigo de extinção e suas principais ameaças são a expansão urbana, a conversão das áreas de pastagem em plantações de soja, *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* e a degradação ambiental relacionada às atividades de mineração, como também pastejo e pisoteio por caprinos e diminuição da qualidade do habitat florestal, queimadas e silvicultura. Pode-se mencionar que a *Parodia rudibuenekeri* e a *Petunia secreta* sofrem com o extrativismo para comércio de plantas ornamentais (SEMA, 2021).

Quadro1 - Lista da Flora Ameaçada de Extinção em Caçapava do Sul.

Família	Espécie	Descrição	Categoria de ameaça
<i>Araceae</i>	<i>Mangonia tweediana</i>	Erva de interior da floresta estacional	Criticamente em Perigo

<i>Asteraceae</i>	<i>Trixis pallida</i>	Subarbusto a arbusto de campos limpos, afloramentos e platôs rochosos	Criticamente em Perigo
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Tillandsia bela</i>	Bromélia de platôs rochosos	Criticamente em Perigo
<i>Cactaceae</i>	<i>Parodia rudibuenekeri</i>	Cacto de afloramentos e paredões rochosos	Criticamente em Perigo
<i>Iridaceae</i>	<i>Cypella pusilla</i>	Erva campestre	Criticamente em Perigo
<i>Malvaceae</i>	<i>Pavonia secreta</i>	Arbusto de capoeiras nas fendas e platôs rochosos	Criticamente em Perigo
<i>Solanaceae</i>	<i>Petunia secreta</i>	Erva dos platôs rochosos da Pedra do segredo e de remanescentes campestres à beira da BR-290	Criticamente em Perigo

Fonte: Lista da Flora Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul (LIVE FLORA RS, 2014).

5.3.2 Fauna

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Caçapava do Sul, PMSB (2013), o município de Caçapava do Sul localiza-se na região denominada Serra do Sudeste ou Planalto Sul-rio-grandense, cujas características físicas e biológicas são peculiares. O avanço da civilização sobre os ambientes naturais, comum a todas as

regiões, faz com que haja espécies da fauna ameaçadas de extinção. Com relação à Ornitofauna¹, as espécies mais comuns ocorrentes em Caçapava do Sul são elencadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Ornitofauna de Caçapava do Sul.

ORNITOFAUNA	
João-de-barro (<i>Furnarius rufus</i>)	Quero-quero (<i>Vanellus chilensis</i>)
Urubu-de-cabeça-preta (<i>Coragyps atratus</i>)	Anu-branco (<i>Guira guira</i>)
Cardeal (<i>Paroaria coronata</i>)	Jacuaçu (<i>Penelope obscura</i>)
Pombão (<i>Patagioenas picazuro</i>)	Juriti-pupu (<i>Leptotila verreauxi</i>)
Codorna-amarela (<i>Nothura maculosa</i>)	Perdiz (<i>Rhynchotus rufescens</i>)
Tiriba-de-testa-vermelha (<i>Pyrrhura frontalis</i>)	Caturrita (<i>Myiopsitta monachus</i>)
Papagaio-charão (<i>Amazona pretrei</i>)	Ema (<i>Rhea americana</i>)
Seriema (<i>Cariama cristata</i>)	

Fonte: PMSB (2013)

No grupo da Mastofauna², existentes na região de Caçapava do Sul, merecem destaque as espécies listadas no quadro 3, por constarem da Lista das Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul.

Quadro 3 - Mastofauna de Caçapava do Sul.

MASTOFAUNA	
Bugio (<i>Alouatta fusca</i>)	Tamanduá-mirim (<i>Tamandua tectradactila</i>)
Lontra (<i>Lontra longicaudis</i>)	Veado-mateiro (<i>Mazama americana</i>)

¹ Conjunto das aves existentes numa região.

² Conjunto dos mamíferos existentes numa região.

Quati (<i>Nasua nasua</i>)	Paca (<i>Agoutipaca</i>)
Gato-do-mato-pequeno (<i>Leopardus tigrinus</i>),	Gato-maracajá (<i>Leopardus wiedii</i>)
Jaguaririca (<i>Leopardus pardalis</i>),	Gato-mourisco (<i>Herpailurus yaquarondi</i>)
Gato-do-mato-grande (<i>Oncifelis geoffroyi</i>).	

Fonte: PMSB (2013).

Na Herpetofauna³, as espécies mais comuns na região de Caçapava do Sul são as do quadro 4.

Quadro 4 - Herpetofauna de Caçapava do Sul.

HERPETOFAUNA	
Lagarto (<i>Tupinambas merianae</i>)	Falsa-coral-comum (<i>Oxyrhopus rhombifer</i>)
Cobra-espada-comum (<i>Tomodom dorsatus</i>)	Cobra-verde-listrada (<i>Philodryas olfersii</i>)
Papa-pinto (<i>Philodryas patagoniensis</i>)	Cobra-cipó-verde (<i>Philodryas aestiva</i>)
Caninana-verde-oliva (<i>Chironius exoletus</i>)	Caninana-verde-comum (<i>Chironius bicarinatus</i>)
Corredeira-do-campo (<i>Thamnodynastes strigatus</i>)	Jararaquinha-d'agua-comum (<i>Lhiophis anomalus</i>)
Cobra-verde-comum (<i>Liophis poecilogyrus</i>)	Oveira-bagual (<i>Mastigodryas bifossatus</i>)
Dormideira (<i>Sybinomorphy ventrimaculatus</i>)	Nariguda-grande (<i>Lystrophis dorbignyi</i>)
Cabeça-preta-pampeana	Muçurana comum (<i>Boiruna maculata</i>)

³ Grupos de vertebrados, répteis e anfíbios.

<i>(Phalotrysllemniscatus)</i>	
Corredeira-do-mato (<i>Echinanthera occipitalis</i>)	Cobra-d'água-comum (<i>Helicops infrataeniatus</i>)
Boipeva-comum (<i>Waglerophis merremii</i>)	Cobra-cega-sulina (<i>Leptotyphlops munoai</i>)
Cruzeira (<i>Bothrops alternatus</i>)	Jararaca-pintada (<i>Bothrops pubescens</i>)
Coral-verdadeira (<i>Micrurus altirostris</i>)	Rã (<i>Hypsiboas pulchellus</i>),
Rã-arlequim (<i>Pseudis minuta</i>)	Pererecas (<i>Scinax spp</i>)

Fonte: PMSB (2013).

Com base nas informações encontradas no livro vermelho da Fauna ameaçada do Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade, foram encontrados animais que vivem em Caçapava do Sul que são citados de Vulnerável a Em perigo. Essa classificação é feita com base em estudos da (União Internacional para a Conservação da Natureza) apresentados na figura 6. Na ortonofauna, pode-se citar o Papagaio-charão (*Amazona pretrei*) que se encontra vulnerável (VU) na classificação da (IUCN) na mastofauna chama atenção a Lontra (*Lontra longicaudis*) que está quase ameaçada (NT), como também o Gato-do-mato-pequeno (*Leopardus tigrinus*) que se encontra em perigo (EN), que demonstra uma preocupação maior, pois, espécies assim classificadas tendem a serem extintas em um futuro muito próximo e o Gato-maracajá (*Leopardus wiedii*) que encontra-se Vulnerável (VU).

5.4 POTENCIAL TURÍSTICO DO PAMPA PARA A REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL

O município de Caçapava do Sul ganhou grande destaque para sua geodiversidade, quando em 2015 foi reconhecido a nível estadual como a Capital Gaúcha da Geodiversidade. No entanto, para além do olhar geológico do turismo, também pode-se notar uma biodiversidade complementar na potencialidade turística da cidade. Caçapava do Sul é tão relevante em sua diversidade que recentemente foi avaliada e aprovada pela UNESCO como Geoparque, no Programa de Geoparques

Mundiais da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO *Global Geoparks Programme*). Segundo Borba (2017), o título de geoparque é atribuído pela UNESCO para territórios que estejam aplicando iniciativas de geoconservação, educação geopatrimonial e estímulo ao geoturismo, com valorização de produtos artesanais e de outros elementos da cultura local, notadamente aqueles ligados à geodiversidade presente no território.

Segundo Borba e Guadagnin (2022), esse território é rico em conteúdos geopatrimoniais importantes, sendo eles: os minerais detríticos mais antigos do Sul do Brasil, de 3,63 bilhões de anos de idade; mármore como registros de um mar tropical, de 1 bilhão de anos; granitos diversificados, alguns deles muito ricos em sílica e muito resistentes ao intemperismo, formando um grande alto topográfico onde se implantou a zona urbana; sucessões espessas de rochas sedimentares e vulcânicas de grande relevância, em um conjunto chamado Bacia do Camaquã, com os microfósseis mais antigos do Rio Grande do Sul e mineralizações de metais sulfetados; e, em alguns depósitos fluviais do Pleistoceno, fósseis da singular megafauna Sul-americana, especialmente de xenartros, incluindo três gêneros de preguiças terrícolas (as preguiças-gigantes), animais que poderiam chegar a 5 metros de comprimento e a 5 toneladas de peso.

Nota-se, portanto, que a região apresenta uma importância bastante notória em diversos aspectos tanto bióticos como abióticos de preservação e, assim, se faz necessário compreender a relevância das Unidades de Conservação (UC) em relação ao seu potencial de agregar informações e conceitos que cientificamente busquem a preservação desse local, de valor ambiental único, que, sem ser assegurado por lei, está em perigo de gradual destruição tanto da fauna como da flora, que são fatores cruciais para complementar a diversidade geológica do local a âmbito ambiental e turístico.

Um dos fatores que podem degradar diretamente as formas de relevo é a silvicultura, segundo Borba (2018), a silvicultura de espécies exóticas (nesse caso, o eucalipto) transformam a paisagem, causando problemas socioambientais e, por vezes, ocultando formas de relevo e inviabilizando seu aproveitamento geoturístico, portanto, demonstra-se que as UC's são imprescindíveis à proteção do geopatrimônio. Além de toda geodiversidade de valor internacional (BORBA *et al.*, 2016) e

biodiversidade rara e ameaçada de extinção existente nessa região, as áreas de conservação da natureza assumem outro papel fundamental na realidade local. São essas áreas que poderão estabelecer algum tipo de limite ou condição para a expansão da mineração, da silvicultura e do agronegócio. (SELL, 2017).

Segundo Peixoto e Schobbenhaus (2017), as Minas do Camaquã possuem potencial para ser um geoparque, pois apresenta uma beleza natural em seu entorno. As minas atualmente paralisadas, que teve seu funcionamento de 1870-1996, é um importante sítio geológico-metalogenético, e um marco para a história da mineração de cobre no Brasil. Em seu entorno há geoformas esculpidas em psamitos (arenitos), psefitos (seixos e conglomerados) e, secundariamente, pelitos cambrianos, de exuberante beleza cênica. Peixoto e Schobbenhaus (2017) afirmam que as Minas do Camaquã, laboratório permanente de estudos geocientíficos, associadas à antiga vila mineira, poderão ser utilizados para atividades científicas, educacionais e turísticas. No entanto, o local carece de um planejamento integrado de recuperação de áreas degradadas e melhoramento paisagístico. A gestão caberá à instituição de pesquisa local, com a criação da sede administrativa e aos apoiadores que, trabalhando de forma coordenada, poderão incrementar o geoturismo, o ecoturismo e o turismo de aventura na região das Guaritas, das Minas do Camaquã e nos municípios envolvidos no projeto.

Caçapava do Sul apresenta muitos fatores - e não é de hoje - que a legitimam como lugar de relevância única para as ciências naturais, seja por sua beleza cênica, por sua inestimável riqueza geológica ou, até mesmo, por sua capacidade de oferecer aspectos contribuintes ao desenvolvimento técnico-científico em uma grandeza imensurável. De acordo com Hansen e Fensterseifer (2022):

“A cidade de Caçapava do Sul sempre abrigou, ao longo dos anos, um grande contingente de pesquisadores, estudiosos, profissionais, empresários, turistas e alunos de todas os níveis escolares, com objetivos direcionados às ciências naturais. A localização geográfica, a infraestrutura da cidade, o apoio logístico oferecido para os trabalhos e estudos em campo e, indiscutivelmente, o majestoso cenário paisagístico talhado em feições e formações de natureza e origem geológicas, como na região de Guaritas, nas Minas do Camaquã, na Pedra do Segredo e no vale do Seival, foram fatores que possibilitaram à cidade uma posição de destaque, levando muitos a citá-la como “Cidade da Geologia”, “Capital da Geologia”, “Paraíso Geológico”, entre outras.”

No desenvolvimento do trabalho o então aspirante a Geoparque de Caçapava do Sul recebeu reconhecimento oficial da UNESCO, como patrimônio geológico mundial. Assim, demonstrando a importância e o início de um novo ciclo para as atividades de conservação, já que agora, existe uma responsabilidade maior, no que se refere ao uso sustentável da terra, como também estimulando um turismo responsável, visto a importância tanto científica como ambiental do local. As atividades desenvolvidas no Geoparque Caçapava serão importantes para o desenvolvimento tanto da comunidade local como para a consciência global da importância da Geodiversidade.

5.5 BENEFÍCIOS DOS MAPAS PARA DELIMITAR ÁREAS DE CONSERVAÇÃO

O uso de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta muito eficiente para identificar alvos potenciais para Unidades de Conservação. As imagens de satélite possuem a vantagem de ter um custo baixo, disponibilidade, aplicabilidade e eficiência na obtenção de dados de cobertura terrestre. Esses dados podem ser relacionados com conceitos de ecologia da paisagem e contribuem para o planejamento ambiental, reduzindo tempo na obtenção dos dados do sistema ecológico. Os mapas que serão confeccionados levarão em consideração fatores abióticos como solo, relevo e unidade geológica. Também foi utilizado o mapa de uso e ocupação do solo, que traz elementos do meio biótico. É importante delimitar locais pelos diferentes usos da terra, esses elementos são essenciais para o planejamento adequado e a tomada de decisões informadas sobre o uso sustentável dos recursos naturais, ainda é crucial no monitoramento contínuo para acompanhar as mudanças da paisagem ao longo do tempo e para promover uma compreensão mais clara dos benefícios da conservação e dos impactos das ações humanas no meio ambiente.

Segundo Figueiró *et al.* (2013), a proteção dos elementos físicos da natureza como formações rochosas, relevo e corpos hídricos, pode ser tão ou mais importante para a garantia de preservação de algumas espécies que lá vivem do que o controle direto sobre o uso destas espécies.

5.5.1 Fatores Abióticos

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), os estudos do meio físico são importantes para definir e viabilizar a criação da unidade de conservação, pois deverão apresentar uma análise da paisagem, com base em elementos da geologia e geomorfologia, solo e recursos hídricos, podendo ser feito com base em compilações e revisões bibliográficas.

5.5.1.1 Solo

Na área superficial do município de Caçapava do Sul, existem, de acordo com a classificação da EMBRAPA (1999), dez tipos de solos, distribuídos em dez unidades de mapeamento (Quadro 5).

Quadro 5 - Unidades de mapeamento de solo de Caçapava do Sul.

Unidade de Mapeamento	Substrato (material de origem)	Classificação	Características
São Jerônimo	Granito	Argissolo Vermelho Distrófico Típico	Solo profundo, bem drenado, textura argilosa, ocorre em relevo ondulado
Cerrito	Arenito	Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico	Solo profundo, bem drenado, textura argilosa, ocorre em relevo ondulado
Seival	Andesito	Chernossolo Ebânico Eutrófico Típico	Solo raso, moderadamente drenado, textura argilosa, ocorre em relevo ondulado

Carajá	Arenito	Argissolo Vermelho- Amarelo Eutrófico Abrúptico	Solo medianamente profundo, moderadamente drenado, textura argilosa, ocorre em relevo ondulado
Caldeirão	Arenito	Argissolo Vermelho- Amarelo Eutrófico Abrúptico	Solo profundo, moderadamente a bem drenado, textura argilosa, ocorre em relevo ondulado
Vacacaí	Sedimentos aluviais recentes	Planossolo Hidromórfico Eutrófico Arênico	Solo profundo, mal a imperfeitamente drenado, textura média, ocorre em relevo plano
Lavras	Andesito	Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico	Solo raso, bem drenado, textura média, ocorre em relevo forte ondulado
Ibaré	Xisto	Neossolo Litólico Eutrófico Típico	Solo raso, bem drenado, textura média, ocorre em relevo ondulado e forte ondulado
Guaritas	Arenito	Neossolo Litólico Distrófico Típico	Solo raso, bem drenado, textura arenosa, ocorre em relevo forte ondulado

Pinheiro Machado Granito	Neossolo Litólico Distrófico Típico	Solo raso, bem drenado, textura média, ocorre em relevo ondulado e forte ondulado
--------------------------	--	--

Fonte: EMBRAPA, 1999

Segundo Rovedder (2013), os Planossolos e Argissolos formam uma das topossequências típicas do Pampa, principalmente na Depressão Central e Campanha Gaúcha, os Planossolos ocupam as cotas mais baixas nas grandes várzeas sujeitas à inundação, enquanto os argissolos ocupam porções mais elevadas, nas chamadas coxilhas. Esses são solos já bastante convertidos à agricultura. De maneira geral, os solos arenosos oriundos de rochas sedimentares dão origem a solos de baixa fertilidade. Esses podem ser exemplificados pelos Argissolos Distróficos e os Neossolos Quartzarênicos de ocorrência no Oeste do Pampa. Os Luvisso crômicos são solos rasos, ou seja, raramente ultrapassam 1 m de profundidade e apresentam usualmente mudança textural abrupta. As limitações de uso relacionam-se à quantidade de pedras no horizonte superficial que pode dificultar o uso de mecanização agrícola e a suscetibilidade à compactação. (EMBRAPA, 2021)

Segundo Cabral e Souza (2005), com a pedologia, é possível dispor de informações que possam contribuir ao uso adequado da área a ser preservada, portanto, os tipos de solos podem ser considerados critérios para a definição de limites de unidades de conservação. As informações levantadas sobre os solos ajudarão distinguir zonas de potencialidade de ocorrência de processos erosivos, como erosões lineares, escorregamentos e quedas de blocos.

Os solos encontrados na Sub-bacia do arroio João Dias (SbaJD), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC), podem ser relacionados com o presente trabalho, Hansen e Fensterseifer (2000), descrevem: os neossolos litólicos como de uso restrito para agricultura, devido à pequena profundidade e rochas associadas. Indicam medidas de controle intensivo, por serem solos rasos passíveis de erosão. É aconselhável manter os campos nativos e vegetação arbóreas

permanentemente, para impedir o processo de degradação erosiva. Implementando ações de proteção de matas ciliares, bem como para evitar queimadas e incentivar o plantio em curvas de nível. Os Argissolos vermelho-amarelos possuem aptidão restrita devido a declividade e exposição de rochas associadas. Hansen e Fensterseifer (2000), definem como um solo que necessita elevado uso de fertilizantes. Tendo fertilidade baixa e, por isso, necessitam de adução complementar. Deve ser controlado o seu manejo, para evitar ações de processos erosivos. Os Chernossolos possuem aptidão agrícola devido a sua fertilidade natural. Necessitam de medidas simples, com a mínima aplicação de fertilizantes. Seu manejo deve ser realizado pela rotação de culturas. Por fim, os Planossolos, que possuem aptidão agrícola condicionada ao controle de drenagem, são propícios para cultivos de soja, pastagens, milho e arroz irrigado. Tem sua fertilidade dependente das áreas-fonte. É recomendável para orizicultura irrigada e cultivada em curvas de nível. Quando desprotegidas de vegetação tendem a formam sulcos, que evoluem para ravinas e, posteriormente, atingem o lençol freático, formando as voçorocas. (HANSEN e FENSTERSEIFER, 2000)

5.5.1.2 Relevô

Por fazer parte da Bacia Sedimentar do Camaquã, Caçapava compreende um grande conjunto de formas de relevô representativas sob os aspectos geológico-geomorfológicos de feições sedimentares resultando em um relevô ruiforme com uma ocorrência espacial bem definida, o que torna essa região importante, seja pelos aspectos dos processos naturais, ou pela singular paisagem existente no local (PAIM *et al.*, 2010). Essas diferenças do relevô podem ser usadas para gerar curvas de nível, mapas hipsométricos, mapas de relevô sombreado, mapas de declividade, entre outros, que servirá como requisito para os atributos físicos.

5.5.1.3 Unidade geológica

Cabral e Souza (2005) relatam que a geologia de uma área e as diferentes formações da paisagem são fatores que podem subsidiar a delimitação de unidades

de conservação, desde que sua identificação cartográfica evidencie características relevantes vinculadas a funções ambientais.

6.MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O desenvolvimento inicial deste trabalho ocorreu com a criação dos mapas de Uso e ocupação do Solo, declividade, geologia e solos do município de Caçapava do Sul. Todos os mapas irão respeitar a mesma escala de 1:250.000. Para a criação dos mapas será utilizado o *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) – Qgis 3.18®, que permitirá a análise, edição, visualização e produção de mapas com os dados georreferenciados. Serão utilizados *shapefiles* de Uso e Ocupação do solo disponível no *site* do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS, *shapefiles* de Solos e Geologia obtidos de forma gratuita no portal de mapas do IBGE, ao que se refere ao *raster* de declividade, foi extraído do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, disponível no *site* do INPE, e reclassificada seguindo a classificação da Embrapa. Posteriormente, as imagens serão reprojatadas para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 e, ao fim dessa etapa, o recorte para a área de estudo. Os vetores (uso e ocupação, solos e geologia) serão transformados em *raster* após serem reclassificados pelos critérios determinados. Assim, será possível posteriormente realizar a álgebra de mapas, todos precisam estar rasterizados para poderem ser comparados.

6.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Os principais alvos do presente trabalho são locais apropriados para implementar Unidades de Conservação no município de Caçapava do Sul. Para isso, é importante entender os procedimentos da Análise Multicritérios que será aplicada no processamento dos mapas que integrarão o resultado do trabalho. Segundo Morin *et al.* (2003), dentre os métodos multicritérios será optado pelo reconhecido Processo Hierárquico Analítico (AHP– *Analytical Hierarchy Process*, em inglês), que consiste na modelagem de dados que possibilita a ponderação de diversos fatores relacionados

a processos de diagnósticos e tomadas de decisão, auxiliando a integração objetiva de indicadores (OLIVEIRA, 2008).

6.3 IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Para a identificação dos critérios a serem utilizados, será aplicada a metodologia do Processo da Análise Hierárquica “PAH”. Este contém critérios de interesse para o desenvolvimento do produto (mapa capaz de apontar locais para implementação de UC's e CE). Conforme Silva Júnior (2015), a obtenção do modelo hierárquico depende da construção de matrizes quadradas recíprocas positivas, cuja ordem será igual ao número de alternativas. Posteriormente, para cada critério ou subcritério fez-se o mesmo progressivamente, para definir o grau de importância de cada uma das variáveis, contribuindo com a funcionalidade e coerência nos níveis de correlação (Quadro 6). Os mapas de interesse são: unidades geológicas, declividade, tipos de solo e uso e ocupação do solo. A escala de comparação é utilizada para determinar as preferências relativas entre os critérios. Uma escala típica varia de 1 a 9, onde 1 indica igual importância e 9 indica extrema importância de um critério em relação ao outro.

Quadro 6 - Escala de comparadores.

Valores	Importância mútua
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que

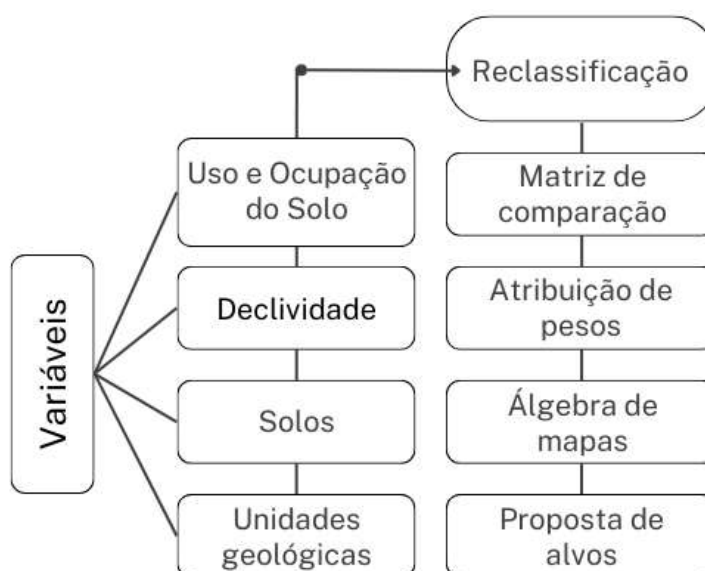
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Adaptado de Saaty (1977), *apud* Rosot et al. (2000).

Raffo (2012); Sahoo *et al.* (2016), definem que a essa estrutura “AHP” possibilita, a partir de variáveis selecionadas, que estabelecem cenários para tomada de decisão. Assim, o método pondera, quantitativamente, variáveis mediante correlações qualitativas, organizando e estabelecendo um modelo racional de combinação de dados Gauer (2015).

A figura 7, ilustrada abaixo, demonstra, de forma esquemática os aspectos a serem considerados.

Figura 7 - Fluxograma dos procedimentos técnicos.



Fonte: Autora.

Segundo Masullo *et al.* (2017), essa análise consiste na sobreposição de mapas temáticos elaborados a partir da delimitação do uso e ocupação da terra (variáveis ambientais), considerados como unidades de paisagem. Para cada variável ambiental, será atribuído um peso de acordo com Tabarelli e Gascon (2005); Louzada *et al.* (2010). Posteriormente, estes serão utilizados como base de cálculo, gerando

variáveis ambientais a serem utilizadas na confecção dos mapas temáticos: unidades geológicas, declividade e tipos de solo.

6.4 RECLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

As variáveis serão convertidas para o formato raster e reclassificadas aos respectivos componentes da legenda, recebendo valores referentes (quadro 7) ao objetivo de análise, e estes, segundo cada classe temática da variável (LOUZADA *et al.*, 2010). As classes que inviabilizam as UC's e CE's receberão valores menores, e as que são compatíveis ao interesse do trabalho receberão pesos maiores.

Quadro 7- Pesos atribuídos às diferentes classes de usos e coberturas da terra.

Pesos	Classes de uso e cobertura da terra	Justificativas
1	Área edificada	Considerada como barreiras para a passagem dos CEs e UC's, recebendo o custo extremo, além de sua aquisição para esta implantação ser muito complexa.
1	Agricultura	
2	Estradas pavimentadas	São consideradas como barreira para devido ao grande fluxo e velocidade dos carros, ocasionando atropelamento da fauna da região.
3	Estradas não pavimentadas	Também considerada como barreira, mas em nível reduzido devido ao fluxo e velocidade dos carros e a largura menor das estradas.

3	Solo exposto	As áreas com solo exposto estão em regiões bem próximas às áreas edificadas e à agricultura, não sendo adequadas para os CEs e UC's.
3	Pastagem	São áreas que podem ser utilizadas para fim de agropecuária e seria necessário recuperá-la com plantio de espécies nativas.
3	Reflorestamento	São áreas plantadas, em sua maioria com objetivo econômico, sendo suprimida após alguns anos ficando a área desflorestada.
3	Área em regeneração	São áreas favoráveis à fauna, considerado positivo, pois as ligações se dariam num estágio de regeneração.
5	Várzea	Área importante para preservação
5	Cobertura florestal	São áreas adequadas para integrar os CEs e UC's.
5	Corpos d'água	São áreas adequadas para integrar os CEs UC's, pois é o lugar de dessedentação da fauna, além de constituir em seu entorno área de preservação. Não é considerado como barreira, pois a largura destes é estreita.

5	Parque Natural Municipal Pedra do Segredo	Área municipal de preservação de grande biodiversidade e geodiversidade.
5	Parque Natural Municipal Cascata do Salso	Área municipal de preservação de grande biodiversidade e geodiversidade.

Fonte: Adaptado de Louzada et al. (2010).

Para geração da imagem matricial da declividade, será reclassificado os dados espaciais, seguindo os custos do quadro 8.

Quadro 8 - Pesos atribuídos à declividade.

Declividade	Peso
0 - 5°	1
5 - 15°	100
15 - 20°	25
> 20°	1

Fonte: Adaptado Louzada et al. (2010).

O uso e cobertura da terra será considerado que, quanto maior a distância das áreas urbanas, maior a aptidão para implementação, bem como se considerou as barreiras existentes criadas pela infraestrutura como rodovias e grande empreendimento. Segundo Louzada *et al.* (2010), o mapa de declividade será dividido em três classes, sendo elas: agricultável mecanicamente com declividade <20°; uso restrito com declividade entre 20° e 45° e; área de preservação permanente com declividade >45°. Como os terrenos com declividade mais suave são mais aptos para a mecanização na agricultura, estas áreas terão um custo maior.

6.4.1 Reclassificação

Para a realização da reclassificação todas as variáveis terão o mesmo número de classes, sendo elas de 1 a 5, como mostra no quadro 9, a cor azul representada

pelo número um, será, de baixa probabilidade, com aumento crescente, ao que ao chegar ao valor 5, representado pela cor vermelha, terá uma alta probabilidade a implementação de Unidades de Conservação.

Quadro 9 - Classes de probabilidade de implementação de UC'S.

Classe	Significado	Representação Gráfica
1	Baixa probabilidade	1
2	Baixa/média probabilidade	2
3	Média probabilidade	3
4	Média/alta probabilidade	4
5	Alta probabilidade	5

Fonte: Autora.

6.4.1.1 Declividade

Para a reclassificação da declividade foi utilizado a metodologia da Embrapa em 6 classes (EMBRAPA, 1999), mostrada no quadro 10 utilizando a carta 20_54_ do *site* do Topodata (INPE). A declividade pode influenciar na distribuição de habitats e espécies, pois, encostas íngremes podem criar microambientes únicos, como desfiladeiros ou paredões rochosos, que abrigam espécies especializadas e raras. Essas áreas podem conter uma importância ecológica particular e podem exigir medidas de conservação específicas. Além disso, a variação na declividade pode resultar em diferentes tipos de vegetação e zonas de transição, promovendo uma maior diversidade de habitats e espécies. As características cênicas das encostas íngremes podem atrair visitantes interessados em atividades como escalada ou observação de paisagens. A declividade também pode influenciar a localização de áreas de acampamento e infraestrutura para atividades recreativas. Na figura 8, a seguir, estão representadas as declividades presentes no município.

Figura 8 - Mapa de Declividade do Município de Caçapava do Sul.



A declividade está intimamente relacionada com o uso para agricultura, de modo que, <20° é agricultável mecanicamente, 20° a 45° tem uso restrito e; >45° área de preservação permanente com declividade, são áreas onde o limite de mecanização é extremamente forte. Também está associada a fragilidade ambiental uma vez que influencia diretamente na ação dos processos erosivos (CREPANI *et al.*, 2001). A declividade foi reclassificada para o interesse do trabalho, relacionado a unidades de conservação, mostrados no quadro 10.

Quadro 10 - Rotulagem dos parâmetros para declividade.

Classe	Rótulo	Valor reclassificado	Significado
1	Plano (0 - 3)	1	Baixa probabilidade
2	Suave Ondulado (3 - 8)	1	Baixa probabilidade
3	Ondulado (8 - 20)	2	Baixa/média probabilidade
4	Forte Ondulado (20 -45)	3	Média probabilidade
5	Montanhoso (45 - 75)	5	Alta probabilidade
6	Escarpado (Acima de 75)	5	Alta probabilidade

Fonte: Adaptado de Embrapa (1999).

6.4.1.2 Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo refere-se à forma como a terra é utilizada e gerenciada. Isso inclui atividades como agricultura, silvicultura, pecuária, construção de infraestruturas, campo seco, pastagem, desenvolvimento urbano, dentre outros. Na figura 9 é demonstrada como ocorre a relação de uso e ocupação no município de Caçapava do sul.

Figura 9 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Caçapava do Sul.



A forma como a terra é usada pode ter um impacto significativo nos ecossistemas e na biodiversidade. Portanto, o uso e ocupação do solo adequados são essenciais para garantir a proteção e a preservação desses ecossistemas.

O peso para cada variável do mapa de Uso e Ocupação do Solo foi baseado na metodologia de Louzada *et al.* (2010) e foi reclassificado para o mesmo número de classes dos outros parâmetros. Para análise foi utilizado o mapa de uso e cobertura vegetal do Rio Grande do Sul de 2015 que dá sequência à iniciativa do Labgeo de efetuar mapeamentos periódicos do estado, iniciada com o mapa referente a 2002 e seguido pelo de 2009. O produto possui nível de detalhamento compatível com a escala 1:250.000.

A reclassificação está simplificada no quadro 11, os critérios que menos se adequaram às Unidades receberam pesos menores.

Quadro 11- Rotulagem dos parâmetros para Uso e Ocupação do Solo.

Classe	Rótulo	Valor reclassificado	Significado
1	Mata Nativa	5	Alta probabilidade
2	Mineração	1	Baixa probabilidade
3	Silvicultura	1	Baixa probabilidade
4	Uso agrícola misto	1	Baixa probabilidade
5	Afloramento rochoso	4	Média/Alta probabilidade
6	Agricultura de sequeiro	2	Baixa/média probabilidade
7	Agricultura irrigada	2	Baixa/média probabilidade
8	Água	5	Alta probabilidade
9	Urbanizada	1	Baixa probabilidade
10	Banhado	5	Alta probabilidade
11	Campo em regeneração/Pastagem	3	Média probabilidade
12	Campo seco/Campestre	4	Média/Alta probabilidade
13	Campo úmido	4	Média/Alta probabilidade
14	Mata + campo + afloramento	3	Média probabilidade
15	Mata com 30% de ação	4	Média/Alta probabilidade

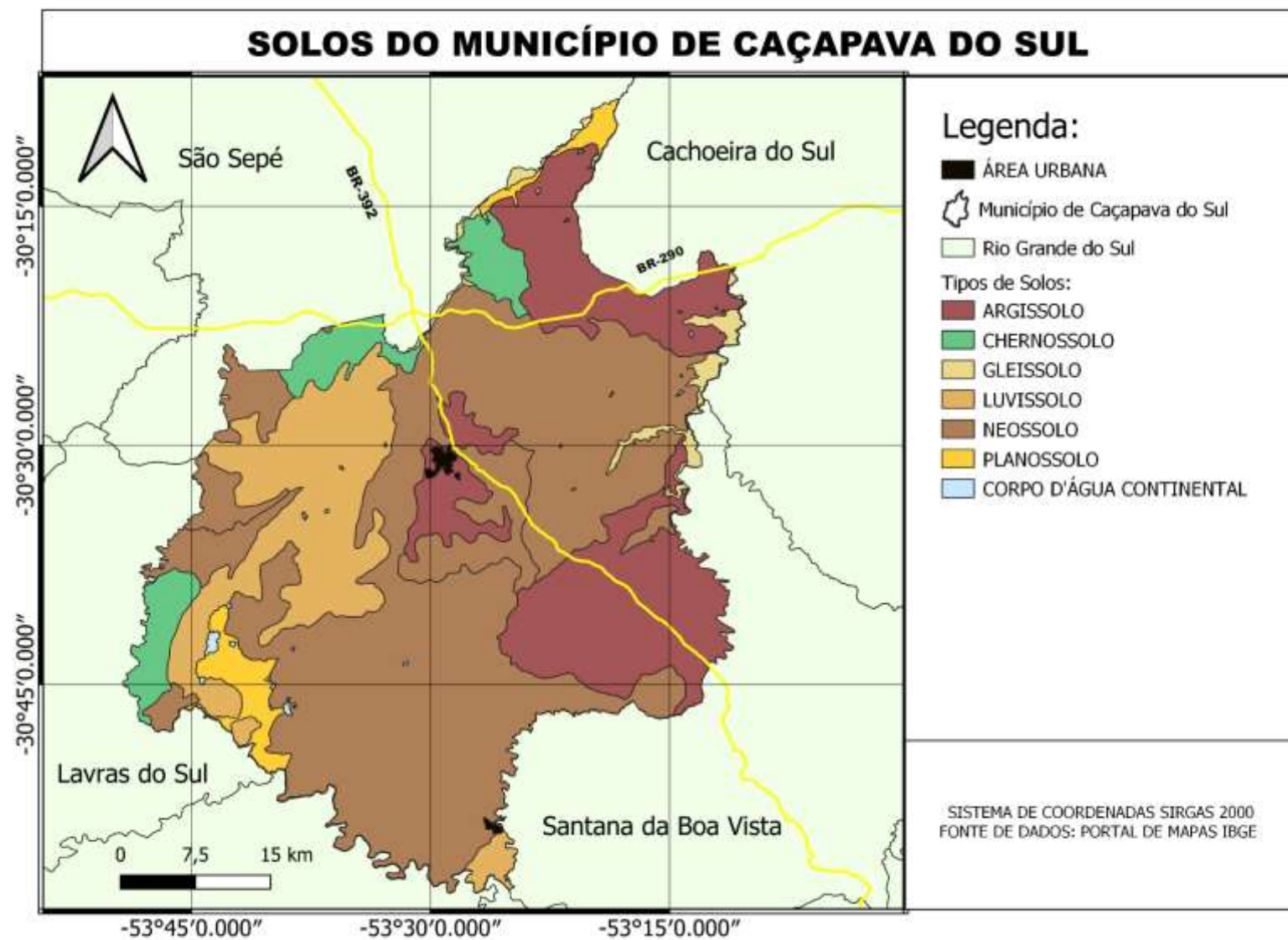
	antrópica		
16	Mata com 50% de ação antrópica	3	Média probabilidade

Fonte: autora.

6.4.1.3 Solos

A erosão do solo pode levar à perda de nutrientes, degradação do habitat e redução da produtividade biológica. É importante identificar áreas com solos suscetíveis à erosão e implementar medidas de conservação do solo. Certos tipos de solo podem ter limitações para atividades humanas, como agricultura, construção e mineração. Solos de baixa fertilidade, solos muito rasos ou solos excessivamente úmidos podem não ser adequados para essas atividades. Essas restrições podem ser benéficas para a conservação, já que limitam a conversão de áreas naturais em usos incompatíveis com a preservação do ecossistema. Considerar os tipos de solo e entender suas características dentro de uma unidade de conservação é essencial para o planejamento e gestão adequados. Isso permite identificar áreas de importância ecológica, adotar práticas de manejo adequadas, preservar a diversidade biológica e proteger os recursos hídricos, promovendo a conservação eficaz da unidade de conservação. Segundo Hansen e Fensterseifer (2000), a degradação dos solos surge em decorrência da perda da proteção natural, que ocasiona erosões superficiais, também pela percolação dos argilominerais em subsuperfície e pela escassez dos nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas, aliadas às migrações laterais inerentes às camadas permeáveis e impermeáveis, associadas às condições topográficas do relevo. Na figura 10, a seguir são demonstrados os solos encontrados no município.

Figura 10 - Solos do Município de Caçapava do Sul.



A reclassificação dos solos foi baseada em informações bibliográficas a respeito da fertilidade dos solos, aptidão agrícola, risco de erosão dentre outros fatores. A respeito do solo Argissolo Vermelho Distrófico, as principais limitações estão relacionadas aos declives dos terrenos mais acidentados e a deficiência de fertilidade (EMBRAPA, 2021), devido a isso, recebeu um peso médio, pela afinidade com as atividades de conservação. O Luvisolo Crômico é limitado ao uso devido à quantidade de pedras no horizonte superficial que pode dificultar o uso de mecanização agrícola e a suscetibilidade à compactação. Devido à mudança textural abrupta, são suscetíveis à erosão. Há também a limitação quanto à água disponível no solo, sendo maior em locais mais secos, devido a isso, também recebeu peso médio. O maior peso devido a compatibilidade das possíveis atividades de conservação foi o solo Neossolo Litólico Distrófico, pois possui limitações ao uso que estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão. São normalmente indicados para preservação da flora e fauna, mas no Rio Grande do Sul é utilizado para viticultura e pastagem. Os demais solos: Planossolo Háplico, Chernossolo Ebânico Órtico e Gleissolo Háplico Eutrófico receberam um peso mínimo, devido ao uso em atividades agropecuárias. No quadro 12, exemplifica-se a classificação e o peso de cada parâmetro.

Quadro 12 - Rotulagem dos parâmetros para solos.

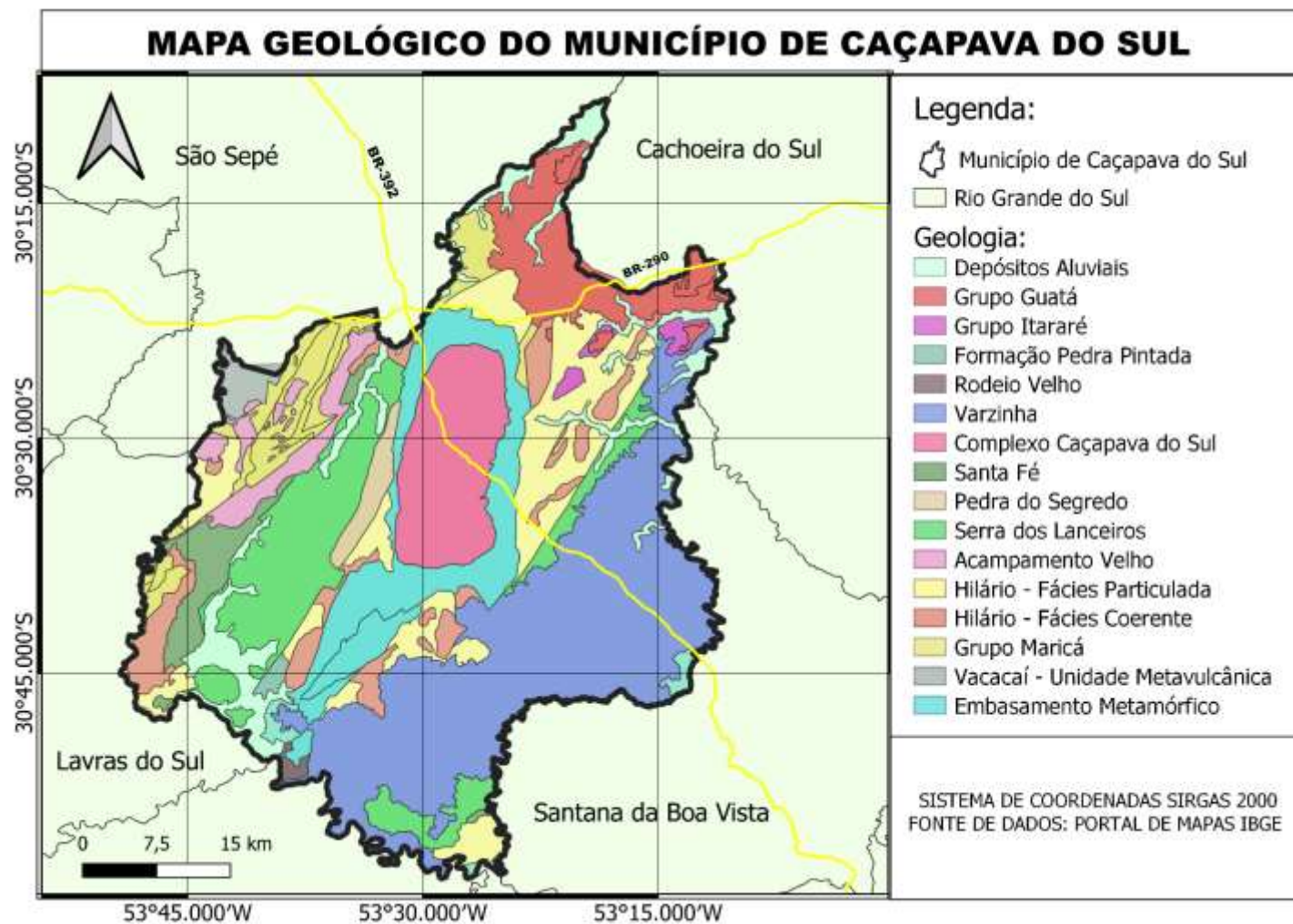
Classe	Rótulo	Valor reclassificado	Significado
1	Argissolo Vermelho Distrófico	3	Média probabilidade
2	Luvisolo Crômico	3	Média probabilidade
3	Neossolo Litólico Distrófico	5	Alta probabilidade
4	Planossolo Háplico	1	Baixa probabilidade
5	Chernossolo Ebânico Órtico	1	Baixa probabilidade
6	Gleissolo Háplico Eutrófico	1	Baixa probabilidade
7	Neossolo Litólico Eutrófico	3	Média probabilidade

Fonte: autora.

6.4.1.5 Litologia

A litologia influencia a diversidade e distribuição das espécies. Diferentes tipos de rochas e solos podem fornecer habitats específicos para diferentes plantas, como as cactáceas *Parodia rudibuenekeri*, que cresce em afloramentos e paredões rochosos. Não se pode desvincular os aspectos biológicos da natureza, sem levar os abióticos em consideração. Devido a isso, a demonstração da dependência de determinadas espécies com os fatores abióticos demonstra a importância de se pensar na preservação como um todo. Assim, compreender a litologia pode ajudar a identificar e proteger determinados habitats. A litologia ainda é intimamente ligada com a formação do relevo, esses processos afetam diretamente estruturas e ecossistemas, cavidades das rochas podem servir como refúgio para animais, como aves, répteis e invertebrados. Como é o caso da Serra do Segredo e Pedras das Guaritas (Borba *et al.*, 2016). As cavernas têm a tendência de possuir elevada estabilidade ambiental, mantendo a temperatura e umidade praticamente constantes durante todo o ano (CULVER, 1982). Segundo Borba *et al.* (2016), todos os tipos de cavidades existentes em ambos os geossítios constituem, igualmente, abrigos potenciais para os mamíferos de médio porte (*Canidae e Felidae*), dentre os mamíferos registrados naquelas áreas encontra-se o gato-maracajá (*Leopardus wiedii*), que, como citado anteriormente, encontra-se Vulnerável (VU) pela classificação da IUCN, a respeito de seu grau de conservação. Demonstrando assim, a extrema importância, de conservar os locais que servem de abrigo da fauna e para diversas outras funções ambientais. Na figura 11, apresenta a litologia do município.

Figura 11 - Mapa Geológico do Município de Caçapava do Sul.



Além disso, deve-se levar em conta o valor científico de cada local, que, assim, também devem ser conservados. A compreensão da litologia auxilia na identificação de valores ecológicos, na gestão da biodiversidade, na proteção dos recursos hídricos e na conservação global do ecossistema da unidade de conservação. A litologia pode ser relacionada juntamente com a declividade, conglomerados/granitos com relevo escarpado normalmente formam solos rasos, que são mais suscetíveis a processos erosivos. Segundo Hansen e Fensterseifer (2000), nos locais onde afloram as litologias do Grupo Camaquã, a declividade é maior e, conseqüentemente, a suscetibilidade à erosão é forte em relação às rochas do Grupo Maricá que é ligeira. Os pesos com base no objetivo do trabalho são apresentados no quadro 13, a seguir. A baixa probabilidade está vinculada em locais normalmente com declividade plana, na qual, é intimamente utilizada para agricultura e apresenta locais bastante modificados antropicamente. Ainda, se relacionam com os solos, solos mais rasos, levam peso maior, justamente por não serem indicados para agricultura. Os pesos tiveram como base uma excessiva revisão bibliográfica, na qual mais se adequaram para os fins de conservação receberam um peso maior.

Quadro 13 - Rotulagem dos parâmetros para litologia.

Classe	Rótulo	Valor reclassificado	Significado
1	Depósitos Aluvionais	1	Baixa probabilidade
2	Guatá	2	Baixa/Média probabilidade
3	Itararé	2	Baixa/Média probabilidade
4	Pedra Pintada	5	Alta probabilidade
5	Varzinha	5	Alta probabilidade
6	Rodeio Velho	4	Média/Alta probabilidade
7	Pedra do Segredo	5	Alta probabilidade
8	Acampamento velho	5	Alta probabilidade
9	Hilário - Fácies Coerente	3	Média probabilidade
10	Hilário - Fácies Particulada	3	Média probabilidade
11	Grupo Maricá	3	Média probabilidade
12	Embasamento metamórfico	4	Média/Alta probabilidade
13	Granito Caçapava	5	Alta probabilidade
14	Serra dos Lanceiros	3	Média probabilidade

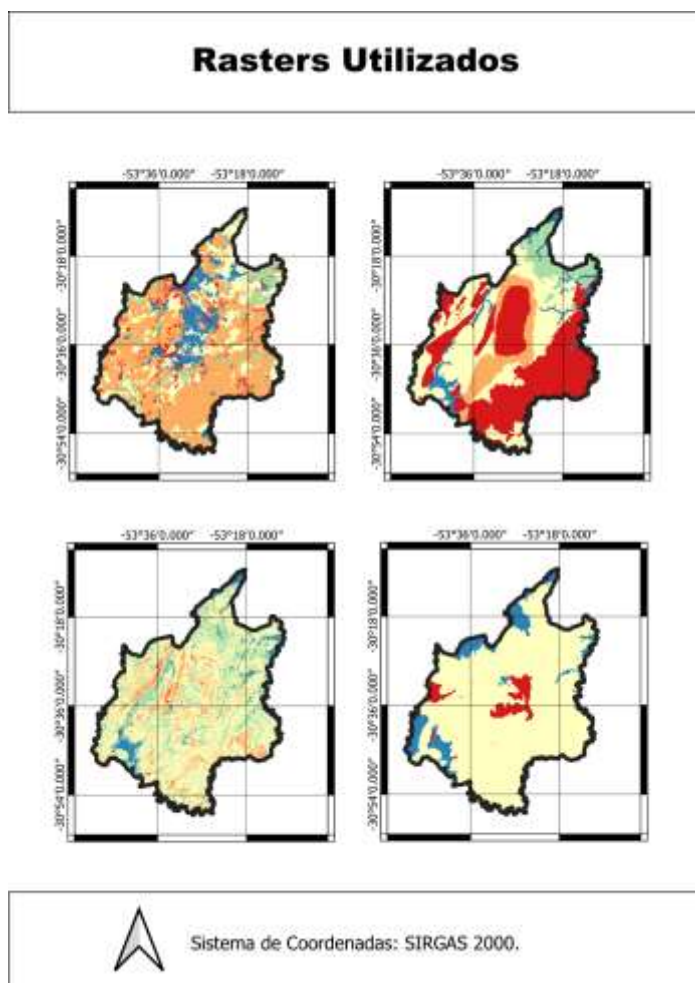
15	Vacacaí - unidade metavulcânica	4	Média/Alta probabilidade
16	Santa Fé	5	Alta probabilidade

Fonte: autora.

6.5 RASTERIZAÇÃO

Os *rasters* utilizados são apresentados na figura 12, sendo A - Uso e Ocupação do solo, B - Tipos de solos, C - Declividade e D - Geologia. Todos eles foram reclassificados conforme explicado anteriormente. Os vetores (uso e ocupação, tipos de solos e geologia) foram convertidos para *raster*, pela ferramenta *Raster* → *Converter* → *Converter vetor para raster* (rasterizar). Vale ressaltar que, ao realizar a rasterização as informações que anteriormente eram qualitativas serão quantitativas (numéricas). Pela ferramenta “*burn-in*”, tendo as unidades de tamanho de saída como unidades georreferenciadas, ainda todos terão resolução de 0,000269 graus, (30 metros).

Figura 12 - Rasters utilizados: A - Uso e Ocupação do solo, B - Tipos de solos, C - Declividade e D - Geologia.



Fonte: autora.

6.6 CÁLCULO DA MATRIZ

Após o processamento e hierarquização dos dados, será realizado o cálculo da matriz com atribuição dos pesos e notas proporcionais à criação de uma escala de intervalo, sendo utilizado em escala ordinal ou nominal, hierarquizando os eventos segundo uma escala de valorização. Segundo Gomes *et al.* (2004), na determinação dos pesos será utilizado o método AHP proposto por Saaty (1977), por meio da decisão do problema em níveis hierárquicos. Este método determina por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método. Será utilizado a matriz de comparação par a par ou matriz de decisão, fazendo uso da escala fundamental de Saaty (Quadro 6). O método de elaboração da matriz faz uso de uma escala hierárquica de importância entre os fatores pré-definidos (unidades geológicas, solo,

declividade e uso e ocupação da terra). A escolha dos valores possui um papel muito importante, pois é nessa fase que é escolhido o grau de importância de cada fator. No quadro 9, está sendo indicado quanto o fator da esquerda é mais importante em relação a cada fator correspondente na linha superior.

Quadro 14 - Matriz de Comparação Pareada.

Fatores	Unidades geológicas	Declividade	Solo	Uso e Ocupação
Unidades geológicas	1	1/3	1/5	1/9
Declividade	3	1	1/3	1/5
Solo	5	3	1	1/3
Uso e ocupação	9	5	3	1

Fonte: autora.

Com a matriz de comparação preenchida, (Quadro 14) é possível calcular os pesos dos critérios utilizando o método AHP. O processo envolve a normalização da matriz, o cálculo dos vetores próprios e a obtenção dos pesos relativos. O peso estatístico é obtido por meio da divisão de cada elemento pela somatória dos elementos da coluna a que pertence e fazendo-se uma média entre as colunas, determinando assim cada peso, conforme o quadro 15. Quanto maior o peso, maior a prioridade do critério na tomada de decisão.

Quadro 15 - Cálculo dos pesos.

Geologia	Declividade	Solos	Uso e Ocupação
1.000.000	0.333333	0.200000	0.111111
3.000.000	1.000.000	0.333333	0.200000
5.000.000	3.000.000	1.000.000	0.333333
9.000.000	5.000.000	3.000.000	1.000.000
0.049937	0.114121	0.255366	0.580576
4.076.370	0.027992		

Fonte: Autora.

Foi utilizado a calculadora automática de AHP criada por Klaus D. Goepel, além disso, calcula também o coeficiente de consistência da matriz, que precisa ser menor que 0,10%, que nesse caso foi obtido o valor de 0.027992 mostrando consistência na matriz confeccionada. No quadro 16, se esquematizou a ordem de prioridade dos critérios.

Quadro 16 - Ordem de prioridade.

Critério	Prioridade	Rank
Geo_Custo	5.0%	4
Dec_Custo	11.4%	3
Solo_Custo	25.5%	2
Uso_Custo	58.1%	1

Fonte: AHP Priority Calculator.

6.7 RAZÃO DE CONSISTÊNCIA

Saaty (1977) sugere que os dados da Matriz de Comparação Pareada sejam submetidos a uma análise de consistência. Assim, o método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por $RC = IC/IR$, onde IR é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n , com elementos não-negativos e gerada randomicamente. O Índice de Consistência (IC) é dado por $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n-1)$, onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos. Segundo Saaty (2000) a condição de consistência dos julgamentos é $RC \leq 0,10$.

6.8 GERAÇÃO DA IMAGEM MATRICIAL

Após o cálculo dos pesos, será feita a determinação da imagem matricial de custo total, após a geração da imagem de cada atributo (unidades geológicas, solo, declividade e uso e ocupação da terra), devem ser multiplicados pelo seu respectivo peso estatístico, calculado no quadro 10, e posteriormente somadas gerando a imagem matricial de custo total, de acordo com a equação abaixo:

$$\text{Custo_Total} = P1 \cdot \text{Uso_Custo} + P2 \cdot \text{Sol_Custo} + P3 \cdot \text{Dec_Custo} + P4 \cdot \text{Geo_custo}$$

Em que,

Custo_total = Imagem matricial de custo total.

Uso_Custo = Imagem matricial de custo de Uso da terra.

Sol_Custo = Imagem matricial de custo do Solo

Dec_Custo = Imagem matricial de custo da Declividade.

Geo_custo = Imagem matricial de custo das Unidades geológicas.

P1 = Peso estatístico da imagem matricial de custo de Uso da terra.

P2 = Peso estatístico da imagem matricial de custo de Solo

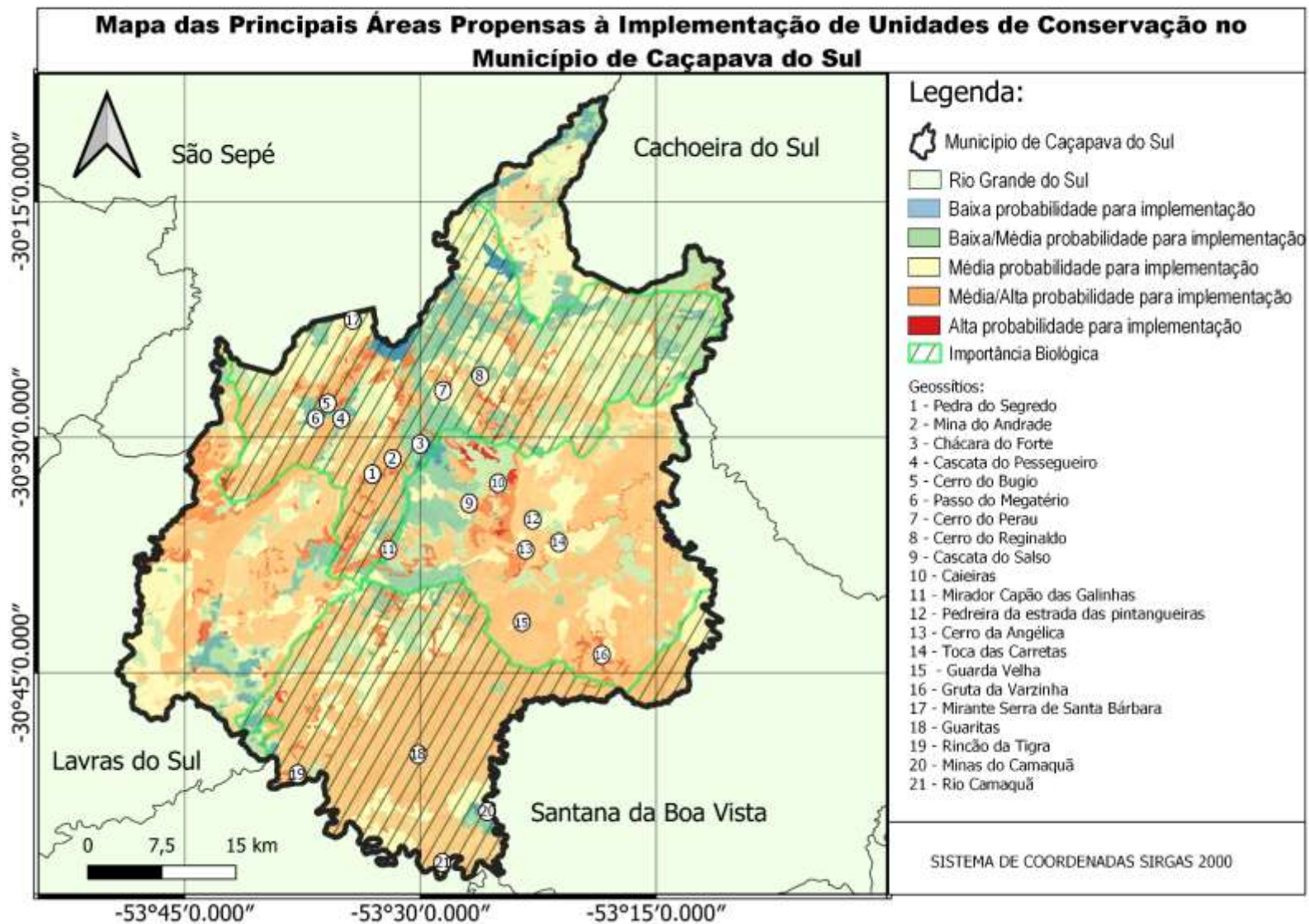
P3 = Peso estatístico da imagem matricial de custo de Declividade.

P4 = Peso estatístico da imagem matricial de custo de Geologia

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a geração da imagem matricial o que se tem como resultado é o mapa das principais áreas propensas à implementação de unidades de conservação no município de Caçapava do Sul, mostradas na figura 13, a seguir. Observam-se grandes áreas com média/alta probabilidade para implantação de unidades de conservação (cor laranja), principalmente na porção centro-sul do município. Áreas com menores probabilidades (cores azul e verde) se concentram na região central e norte. Também na região central, mas de forma bastante pontual ocorrem áreas com alta probabilidade para unidades de conservação (cor vermelha), assim como, espalhadas pela metade Sul do município. Nesta categoria, destacam-se locais como porções da Serra de Santa Bárbara, Serra do Segredo e bordas do alto do Granito Caçapava. Esses locais receberam essa classificação muito por conta de suas altas declividades e presença de vegetação nativa.

Figura 13 - Mapa das Principais Áreas Propensas à Implementação de Unidades de Conservação no Município de Caçapava do Sul.



A partir da confirmação de Caçapava do Sul como Geoparque Global da UNESCO no ano de 2023, torna-se interessante arguir sobre os geossítios, no contexto do turismo e do planejamento estratégico do futuro e conservação do Geoparque, em relação aos resultados obtidos na sobreposição dos mapas do presente trabalho. Assim, no quadro 17, é possível visualizar a mescla das informações construídas pela rasterização e sobreposição dos mapas, em termos da aptidão das localidades no entorno dos geossítios.

Quadro 17 - Relação dos geossítios com Aptidão de UC.

Número	Geossítio	Aptidão UC
1	Pedra do Segredo	Média a alta
2	Mina do Andrade	Média a alta
3	Chácara do Forte	Baixa a média
4	Cascata do Pessegueiro	Média a alta
5	Cerro do Bugio	Média a alta
6	Passo do Megatério	Baixa a média
7	Cerro do Perau	Média
8	Cerro do Reginaldo	Baixa a média
9	Cascata do Salso	Média
10	Caieiras	Baixa a média
11	Mirador Capão das Galinhas	Média a alta
12	Pedra da Estrada das Pitangueiras	Média a alta
13	Cerro da Angélica	Média a alta
14	Toca das Carretas	Média
15	Guarda Velha	Média a alta

16	Gruta da Varzinha	Média a alta
17	Mirante Serra de Santa Bárbara	Média
18	Guaritas	Média a alta
19	Rincão da Tigra	Média a alta
20	Minas do Camaquã	Baixa a média
21	Rio Camaquã	Média a alta

Pode-se observar que a maior parte dos geossítios caçapavanos, mais precisamente 12 deles, são circundados por áreas classificadas como de média a alta probabilidade para a implementação de UCs. Além disso, 2/3 dos geossítios catalogados estão inseridos em áreas de alta importância biológica, mostrada na Figura 13. Ainda, em alguns locais os geossítios estão inseridos em áreas que possuem mata nativa, podendo assim, enfatizar a conservação, já que foi visto ao longo do trabalho a importância de se preservar espécies nativas e sua importância para o ecossistema. Tendo como exemplo a Gruta da Varzinha, que está rodeada de vegetação nativa, pode assim, demonstrar um local adequado para as atividades conservacionistas. Ainda, o Cerro do Bugio apresenta ótimo potencial, já que além de estar rodeado de vegetação nativa, ainda possui uma alta declividade, que pode ajudar a restringir o uso da terra.

Ao realizar a sobreposição destes filtros, chega-se a um resultado de oito geossítios postos em regiões de média a alta aptidão para a implantação de UCs e, ainda, em porções onde há maior importância biológica: Pedra do Segredo, Mina do Andrade, Cerro do Bugio, Mirador Capão das Galinhas, Guaritas, Rincão da Tigra, Rio Camaquã e Cascata do Pessegueiro. Tal resultado indica o total de 1/3 dos geossítios supracitados não apenas como de boa capacidade para se tornarem Unidades de Conservação, mas, principalmente, apresentam importância e até urgência para que sejam preservados espaços de alta importância biológica.

Entretanto, é válido ressaltar que, ainda que haja geossítios importantes e de boa aptidão para UCs em porções do município que não são classificadas como de alta importância biológica, eventuais implantações de UCs no entorno dos mesmos são absolutamente capazes de tornar essas áreas, a longo prazo, mais importantes biologicamente, em função da conservação, preservação e estímulo ao que é natural. Não obstante e nem menos importante, diversas paisagens e afloramentos nessa mesma situação possuem localização estratégica para que a atratividade do Geoparque seja incrementada.

Caçapava do Sul oferece um ótimo potencial para a conservação da natureza, tendo em vista seja os diversos fatores que oferecem o uso sustentável da terra, seja o enorme potencial turístico que a cidade oferece ou, ainda, seja eventualmente investimentos na agricultura familiar. Para isso, deve-se pensar na implementação das Unidades de Conservação, para evitar que as áreas de vegetação nativa e os próprios geossítios sofram com as atividades antrópicas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em tempos em que o individualismo, o consumismo predatório e a indiferença de boa parte dos líderes globais, nas últimas décadas, à falta de conservação dos biomas imperam, é importante perceber que, por outro lado, as tecnologias – como o geoprocessamento – podem auxiliar enormemente no planejamento e execução de ideias e ações de conservação da natureza e/ou mitigação dos impactos ambientais através de uma análise técnica do meio em que se vive.

Após o trabalho realizado, pôde-se notar que o município desfruta de uma capacidade fantástica para a implantação de Unidades de Conservação, que, sobretudo, se trata, em grande parte, das mesmas áreas que apresentam importância biológica. Em forma de “U”, áreas com potencial interessante para UC se estendem a Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste e Oeste do município. São áreas amplas e repletas de pontos de interesse para o contexto do Geoparque Caçapava. Neste contexto, turismo, preservação, inovação e cultura são vertentes capazes de serem afirmadas e, sobretudo, amarradas e preservadas por eventuais Unidades de Conservação.

Salienta-se que o potencial geoturístico explorado, estudado, planejado e estimulado pelo Geoparque Caçapava pode ter seu leque ampliado a partir dos benefícios gerados pela implementação de UCs, que, através do esforço pela preservação das propriedades nativas da região, podem contribuir fortemente para a construção de uma mentalidade não apenas geoturística, mas, sim ecoturística; abrangendo não somente o nicho geológico, mas, ainda, os nichos biológico e ecológico como um todo.

O desenvolvimento concomitante desses projetos interligados pode, ainda, tornar propositiva a participação de agentes externos de forma importante, através da criação de consórcios de desenvolvimento de rotas turísticas, seja com a participação de governos municipais envolvidos, seja através do apoio de empresas parceiras ou da elaboração de Parcerias Público-Privadas (PPP's). Em um contexto assim, Caçapava do Sul estaria dando um excepcional exemplo de desenvolvimento econômico, turístico e comercial de forma absolutamente sustentável.

Para trabalhos futuros recomenda-se estudar a possibilidade da implementação de corredores ecológicos interligando as porções propensas à implantação de UCs, especialmente tendo em vista a possibilidade de conectar

geossítios. Pode-se pensar em relação aos Corredores Ecológicos, utilizando os remanescentes de vegetação nativa para a possível aplicação de um corredor. Para isso, são necessários estudos aprofundados a respeito do fluxo de fauna e flora. Esse fluxo é importante, já que as espécies possuem papel fundamental no ecossistema, como, por exemplo, na dispersão de sementes. O que se pode ter como base para um futuro corredor é, principalmente, a relação com a importância biológica, ao observar-se pontos de alta probabilidade essencialmente onde ocorrem os espaços com maior importância.

Como também para determinar qual tipo de Unidade de Conservação é a mais ideal, avaliando as possibilidades pelo mapa de Uso e Ocupação, já que, muitas vezes, os interesses econômicos podem barrar unidades, que possuem regras mais restritivas. No entanto, é importante entender como funciona a dinâmica da ocupação humana, justamente para compreender a relação direta que os seres humanos têm com o meio em que vivem. Futuramente, pode ser realizado estudos mais aprofundados acerca disso, eventualmente utilizando o presente trabalho como base de estudos.

Por fim, paralelamente a isso, salienta-se a importante atuação da universidade como estimulante do uso responsável, benéfico e fundamentado das tecnologias, como a sobreposição em mapa de dados obtidos via satélite através do uso de *softwares*, como uma das tantas formas de unir ciência e tecnologia para enfrentar os reais problemas do Século XXI. Ademais, é válido ressaltar que, no contexto de Caçapava do Sul, existe espaço para que haja um legado na região da campanha, unindo ideais de conservação, responsabilidade ambiental e a consequente evolução socioeconômica capaz de surgir de todo esse processo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. *et al.* Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

ALMEIDA, Renato P. *et al.* Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 217, n. 1-4, p. 30-51, 2009.

ALMEIDA, Renato P. *et al.* Recurring extensional and strike-slip tectonics after the Neoproterozoic collisional events in the southern Mantiqueira province. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, p. 347-376, 2012.

BATTISTELLA, L. *et al.* **Map of Protection Levels for the Terrestrial Ecoregions in Country of the World as of January 2019**. 2019.

BEHLING, Hermann; PILLAR, Valério DePatta. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 243-251, 2007.

BENCKE, Glayson Ariel; CHOMENKO, Luiza; SANT'ANNA, Danilo Menezes. O que é o Pampa. **Nosso Pampa Desconhecido. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul**, p. 17-27, 2016.

BICCA, Marcos Müller. **Tectônica e Proveniência do Grupo Santa Bárbara, Região de Minas do Camaquã, RS**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

BITENCOURT, M. F. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS: geologia e relações com o corpo granítico. **Simpósio Sul-brasileiro de Geologia**, v. 1, p. 37-48, 1983.

BORBA, André W. *et al.* Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 40, n. 3, p. 275-294, 2013.

BORBA, André W. *et al.* Relação entre a geodiversidade intrínseca e a estruturação de habitat na escala do geossítio: exemplos na Serra do Segredo e nas Pedras das Guaritas (Caçapava do Sul, RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 43, n. 2, p. 183-202, 2016.

BORBA, André Weissheimer de. Um Geopark na Região de Caçapava do Sul (RS, Brasil): uma discussão sobre viabilidade e abrangência territorial / A Geopark In The Region of Caçapava do Sul (Rio Grande do Sul State, Brazil): a discussion of viability and territorial limits. **Geographia Meridionalis**, v. 3, n. 1, p. 104-133, 2017.

BORBA, André Weissheimer de. Avanços e obstáculos para a certificação de um Geoparque em Caçapava do Sul, “capital gaúcha da geodiversidade”. **Terr@ Plural**, v. 12, n. 2, p. 201-210, 2018.

BORBA, A. W; GUADAGNIN, F. **O Ponto de Partida para Os Caminhos do Desenvolvimento: o valor científico internacional do Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO**. 2022. In: Pró-Reitoria de Extensão - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO: caminhos para o desenvolvimento regional sustentável. 2022.

BRACK, P. (2007). **As monoculturas arbóreas no país que negligencia sua própria biodiversidade**. Disponível em: http://www.inga.org.br/docs/parecer_monoculturas.pdf. Acesso em: 29 de mai. 2023

BRILHA, J. B. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage, 2005.

BRITO, Maria Cecília Wey. **Unidades de conservação: intenções e resultados**. Annablume, 2000.

CABRAL, Nájila Rejanne Julião; SOUZA, Marcelo Pereira de. **Área de Proteção Ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas**. 2002.

PEREIRA, Viviane. Elementos para pensar a contribuição do Desenvolvimento Rural para conservação do bioma Pampa. **Mundo agrário**, v. 15, n. 28, p. 00-00, 2014.

CAMOZZATO, Eduardo *et al.* **Batólito Torquato Severo e a colagem dos terrenos Taquarembó e São Gabriel, RS**. 2016.

CHEMALE JR, F.; HARTMANN, L. A.; SILVA, LC da. Stratigraphy and tectonism of the Precambrian to Early Paleozoic units in southern Brazil and Uruguay-excursion guidebook. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 42, n. XVIII, p. 5-117, 1995

CHEMALE JR, Farid. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. **Geologia do Rio Grande do Sul**, p. 13-52, 2000.

CREPANI, Edison *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CULVER, D. C. **Cave Life**. Evolution and Ecology. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. p.189, 1982.

DEGRANDI, Simone Marafiga; FIGUEIRÓ, Adriano Severo. Patrimônio Natural e Geoconservação: a geodiversidade do município gaúcho de Caçapava do Sul. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 5, n. 2, 2012.

DUDLEY, Nigel (Ed.). **Guidelines for applying protected area management categories**. Iucn, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 412p.

EMBRAPA - Solos Tropicais. SANTOS, H.G; ZARONI, M.J; ALMEIDA, E.P.C. Argissolos Vermelhos., 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelhos>. Acesso em: 12 de abr. 2023.

FIGUEIRÓ, Adriano Severo; VIEIRA, António; CUNHA, Lúcio. **Patrimônio geomorfológico e paisagem como base para o geoturismo e o desenvolvimento local sustentável**. 2013.

FONSECA, Mônica; LAMAS, Ivana; KASECKER, Thais. **O papel das unidades de conservação**. Scientific American Brasil, v. 39, p. 18-23, 2010.

FRAGOSO CESAR, Antonio Romalino Santos; LAVINA, Ernesto Luiz. **A antefossa molássica do cinturão Dom Feliciano no escudo do Rio Grande do Sul**. Anais, 1984.

FRAGOSO CESAR, Antonio Romalino Santos *et al.* A Bacia Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III-Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. **Anais**, 2003.

GASTAL, Maria do Carmo Pinto; LAFON, Jean Michel. Gênese e evolução dos granitóides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do escudo sul-riograndense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 1, p. 11-28, 1998.

GAUER, Natália Peppes. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental por meio de um modelo de análise multicritério** no Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. 2015.

GELDMANN, Jonas *et al.* Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. **Biological Conservation**, v. 161, p. 230-238, 2013.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GONZÁLEZ, Marcela Cecilia Araya; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. Thomson, 2004.

HANSEN, Marco Antonio Fontoura; FENSTERSEIFER, Henrique Carlos. Caracterização edafopedológica da sub-bacia do arroio João Dias como ferramenta de planejamento ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, RS, Brasil. **Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar. São Leopoldo: Editora UNISINOS**, v. 1, p. 211-240, 2000.

HANSEN, Marco Antonio Fontoura; FENSTERSEIFER, Henrique Carlos. **História e Resenha do Projeto de Criação da Área de Proteção Ambiental Guaritas - Minas do Camaquã, como Subsídio ao Implemento do Geoparque Caçapava**. 2022. In: Pró-Reitoria de Extensão - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO: caminhos para o desenvolvimento regional sustentável. 2022.

HARTMANN, Léo Afraneo; CHEMALE JR, Farid; PHILIPP, R. P. Evolução geotectônica do rio Grande do sul no pré-cambriano. **Ianuzzi R. & Frantz JC.(Org.)**, v. 50, p. 97-123, 2007.

HARTMANN, L. A.; SCHNEIDER, J. O.; MCNAUGHTON, N. J. Detrital zircon U-Pb age data, and Precambrian provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, southern Brazilian Shield. **International Geology Review**, Taylor and Francis, v. 50, n. 4, p. 364–374, 2008.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**. Escala 1: 5.000. 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas de ecossistemas: o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000-2018**. Rio de Janeiro: 2020. E-book. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101753.pdf>. Acesso em: 13 de abr. 2023.

ICMBIO, J. R. V. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. **Brasília, Brazil**, 2018.

IUCN. **Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria**. Version 9.0 (September 2011). 2011.

JUFFE-BIGNOLI, D. *et al.* **Protected planet report 2014**. Cambridge (UK): UNEP-WCMC. 2014.

LOUZADA, F. L. R. O. *et al.* Delimitação de corredores ecológicos no ArcGIS 9.3. **Alegre: Caufes**, 2010.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira *et al.* Unidades de Conservação: limitações e contribuições para a conservação da natureza. **Sustainability in Debate**, v. 5, n. 3, p. 203-221, 2014.

MAPBIOMAS, 2022. <http://mapbiomas.org/>>Acesso em: 17. out. 2022.

MAPBIOMAS. MapBiomas Project. **Land use change on threatened biomes in South America and Indonesia**. Acesso em: 17 de out 2022. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/amazonia.mapbiomas.org/documentos/MBI-factsheet-COP27-EN.pdf>.

MARTIN, E. V.; ROCHA, C. H.; BLANCO, C.; AZAMBUJA, B. O.; HEINRICH, H.; & PILLAR, V. D. P. **Conversão e fragmentação**. In: PILLAR, Valério De Patta. Os campos do Sul. Porto Alegre/RS: Rede Campos Sulinos-UFRGS, p 125-131, 2015.

MCCORMICK, John. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, v. 213, 1992.

MILANI, E.J. *et al.* **Bacia do Paraná**. 2007. p.265-287. In: Boletim de geociências da Petrobrás. Disponível em: <http://vdpf.petrobras.com.br/vdpf/buscarArtigos.do?acao=consultar&paginacaoSelecio na=10&autor=&tituloArtigo=Bacia+do+Paran%E1&conteudo=&publicacao=&operad or=AND&palavrasChave=&d-4612559-p=2>. Acesso em: 28 mai. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: **Atualização- Portaria MMA nº 9**, de 23 de janeiro de 2007. 2007.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Roteiro para criação de unidades de conservação municipais**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Áreas protegidas - Brasília, DF: MMA, 2019.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). “Pampa” / Ministério do Meio Ambiente, **Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Áreas protegidas** - Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/pampa> Acesso em: 10 de maio de 2023.

MORENO, Matheus de Carvalho. A escola como espaço de promoção da saúde em assentamentos rurais sob pressão de contaminantes agroquímicos na região do Pontal do Paranapanema-SP. 2019.

MOORE, Alan; ORMAZÁBAL, César. **Manual de planificación de sistemas nacionales de areas silvestres protegidas en America Latina**. 1988.

MORIN, Edgar. **Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana**. Elaborado para a Unesco por Edgar Morin, Emílio Roger Ciurana Raúl Domingo Motta; tradução Sandra Trabucco Valenzuela; revisão técnica da tradução Edgar de Assis Carvalho. 2003.

NARDI, Lauro Valentim Stoll; BITENCOURT, Maria de Fátima. Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 2, p. 153-169, 1989.

OLIVEIRA, Evagelina. Redes e regionalização da saúde. **BARCELLOS, Christovam. A geografia e o contexto dos problemas de saúde. Rio de Janeiro. ABRASCO**, p. 223-230, 2008.

PACHECO, André A.; NEVES, Ana Carolina O.; FERNANDES, G. Wilson. Uneven conservation efforts compromise Brazil to meet the Target 11 of Convention on Biological Diversity. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 1, p. 43-48, 2018.

PAIM, Paulo Sérgio Gomes; CHEMALE JR, Farid; LOPES, R. da C. A bacia do Camaquã. **Geologia do Rio Grande do Sul**, p. 231-274, 2000.

PAIM, Paulo Sergio Gomes *et al.* Guaritas do Camaquã, RS: exuberante cenário com formações geológicas de grande interesse didático e turístico. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**, 2010.

PARANHOS FILHO, Antonio Conceição; LASTORIA, Giancarlo; TORRES, Thais Gisele. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias**. UFMS, 2008.

PEIXOTO, Carlos Augusto Brasil; SCHOBENHAUS, Carlos. **Proposta de Geoparque: Guaritas-Minas do Camaquã/RS**. 2015.

PEREIRA, Vítor Hugo Campelo; CESTARO, Luiz Antonio. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PHILIPP, Ruy Paulo. **A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PHILIPP, Ruy Paulo *et al.* Estruturas primárias e tectônicas do Anortosito Capivarita, Pântano Grande (RS): significado e implicações na sua evolução petrológica. **Brazilian Journal of Geology**, v. 40, n. 1, p. 99-110, 2010.

Pillar V.D., Boldrini I.I., Hasenack H., Jacques A.V.A., Both R., Müller S.C., Eggers L., Fidelis A., Santos M.M.G., Oliveira J.M., Cerveira J., Blanco C., Joner F., Cordeiro J.L.P. & Galindo M.P. **Estado atual e desafios para a conservação dos campos**. In. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 24, 2006.

PILLAR, V. de P; MÜLLER, S. C; CASTILHOS, Z. M. de S; JACQUES, A. V. Á. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, 2009.

PMSB. **Plano municipal de saneamento básico de Caçapava do Sul**. Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul. Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente, 31 de dez. 2013. Disponível em: http://prefeitura.cacapava.net/arquivos/smb/p_saneamento_basico.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2022.

PUREZA, Fabiana. **Unidades de conservação**. Matrix Editora, 2016.

RAFFO, Jorge Gustavo da Graça. O Processo Analítico Hierárquico e seu uso na modelagem do espaço geográfico. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 26-37, 2012.

REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N. J.; *et al.* The Link Between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brasiliano Cycle in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 13, n. 3, p. 191–216, 2000.

ROSOT, M. A.; BARCZAK, C. L.; COSTA, DMB. Análise da vulnerabilidade do manguezal do Itacorubi às ações antrópicas utilizando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO**. 2000. p. 1-12.

ROUGET, Mathieu *et al.* Designing large- scale conservation corridors for pattern and process. **Conservation Biology**, v. 20, n. 2, p. 549-561, 2006.

ROVEDDER, A. P. M. **Bioma Pampa: relações solo-vegetação e experiências de restauração**. In: Anais [do] LXIV Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva [e] XXXIII ERBOT Encontro Regional de Botânicos MG, BA e ES. Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, 2013.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAHOO, Satiprasad; DHAR, Anirban; KAR, Amlanjyoti. Environmental vulnerability assessment using Grey Analytic Hierarchy Process based model. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 56, p. 145-154, 2016.

SANTOS, Marcos Leonardo Ferreira dos *et al.* **Identificação de áreas prioritárias para conservação da Caatinga na bacia do alto curso do Rio Paraíba/PB através do uso das geotecnologias.** 2018.

SARMENTO, Marcelo B. Recursos Genéticos Forrageiros: aspectos ecológicos e produtivos. **Recuperado de:** <http://www.urcamp.tche.br/ccr/pg/recursos/recursos/aulasrecursosgeneticos>, 2008.

SELL, J.C.; BORBA, A.W.; FIGUEIRÓ, A.S. Ecoprovíncias do pampa uruguaio- -sul-rio-grandense: uma proposta de regionalização. **1º Simposio de Geografia del Cono Sur: desafíos para la integración de la Geografía del Cono Sur.** Montevideo, Uruguai, pp. 291-304, 2015. Disponível em: <http://www.bib.fcien.edu.uy/images/stories/files/publicaciones/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

SELL, Jaciele Carine *et al.* **Estradas paisagísticas: estratégia de promoção e conservação do patrimônio paisagístico do Pampa Brasil-Uruguai.** 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

SELL, J.C.; BORBA, A.W. **A geodiversidade do Pampa Gaúcho e suas implicações para os problemas e as potencialidades ambientais da região.** Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa. Pelotas, Brasil, pp 30-41, 2020. Disponível em: Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa | Guaiaca. Acesso em: 18 de maio de 2023.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Plano de Ação Territorial para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção da Campanha Sul e Serra do Sudeste.** Sumário Executivo. 2021.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Parque Estadual do Turvo.** Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo>. Acesso em: 27 de maio de 2023.

SEOANE, Carlos Eduardo Sícoli *et al.* Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207-207, 2010.

SILVA, Elisângela Lopes da *et al.* **Proteção do patrimônio natural da Serra do Segredo (Caçapava do Sul, RS, Brasil): um diálogo entre a geoconservação e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. 2016.

SILVA JUNIOR, Celso Henrique Leite. **Lógica Fuzzy e Processo Analítico Hierárquico – AHP na avaliação da qualidade ambiental de nascentes**. In: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, maio., p. 292–303. Santa Maria - RS. 2015.

SILVA, R. R., 2007. Monografia (Graduação) - **Petrografia e geoquímica dos metabasitos da Porção Norte do Complexo Metamórfico Passo Feio, Caçapava do Sul, RS**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SILVEIRA, Vicente Celestino Pires *et al.* Qualidade da pastagem nativa obtida por diferentes métodos de amostragem e em diferentes solos na Apa do Ibirapuitã, Brasil. **Ciência Rural**, v. 35, p. 582-588, 2005.

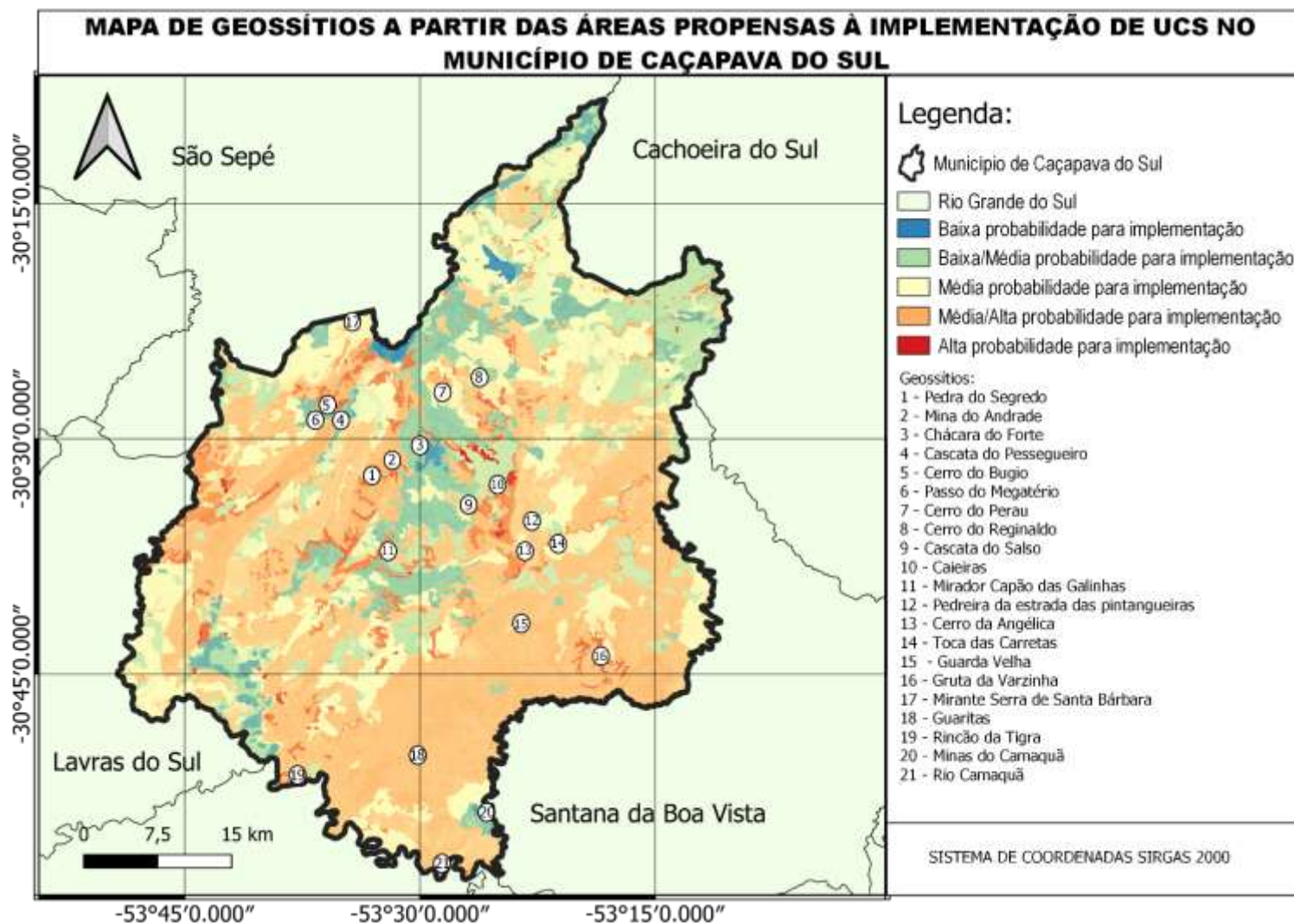
TABARELLI, Marcello; GASCON, Claude. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 734-739, 2005.

VAIL, P. R.; MITCHUM JR, R. M.; THOMPSON III, Samuel. **Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 3. Relative changes of sea level from Coastal Onlap: section 2**. Application of seismic reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation. 1977.

WILSON, Edward O. **A criação: como salvar a vida na Terra**. Editora Companhia das Letras, 2008.

WILSON, Edward O. **Diversidade da vida**. Editora Companhia das Letras, 2012.

APÊNDICE A



APÊNDICE B

