

Dossiê Parque Estadual do Turvo (PET) - Yucumã

O potencial de uso conservacionista como indicador de ordenamento territorial em municípios com presença de unidades de conservação

The potential for conservation use as an indicator of territorial planning in municipalities with the presence of conservation units

El potencial de uso conservacionista como indicador de planificación territorial en municipios con presencia de unidades de conservación

Sidnei Luís Bohn Gass^I , Dieison Morozoli da Silva^{II} ,
Sidney Ferreira de Arruda^{II} , Roger Luan Mallmann^{II} 

^I Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, Brasil

^{II} Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

RESUMO

Esse trabalho objetivou elaborar um ordenamento territorial dos municípios de Derrubadas, Barra do Guarita e Esperança do Sul-RS, por meio da metodologia do Potencial de Uso Conservacionista e analisar o uso e cobertura da terra como instrumentos de gestão e conservação do Parque Estadual do Turvo a partir da sua zona de amortecimento. Para isso, dados de pedologia, litologia, declividades e Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram ranqueados através de uma Análise Hierárquica de Processos (AHP) e então ponderados pela metodologia de cálculo do Potencial de Uso Conservacionista (PUC). Dados do projeto MapBiomias foram utilizados para a identificação nas mudanças do uso e cobertura da terra entre 1985 e 2022. Foi obtido um mapa dos PUCs da área de estudo, sendo maior a incidência do PUC alto (52,62% da área), seguido pelos PUCs médio (30,09%), baixo (6,50%), muito alto (5,85%) e muito baixo (4,95). Foram detectadas semelhanças nas alterações do uso e cobertura da terra entre 1985 e 2022, tanto na zona de amortecimento quanto nas áreas de uso convencional, o que alerta para a necessidade de verificação do cumprimento das funções da zona de amortecimento. Com os mapeamentos obtidos, foi possível projetar um ordenamento territorial que atende ao plano de manejo do Parque Estadual do Turvo.

Palavras-chave: Parque Estadual do Turvo; Análise Hierárquica de Processos; Zona de amortecimento

ABSTRACT

This work aimed to develop a territorial ordering of the municipalities of Derrubadas, Barra do Guarita, and Esperança do Sul, RS, through the Conservationist Use Potential methodology and analyze the use and land cover as management and conservation instruments of the Turvo State Park from its buffer zone. For this, data on pedology, lithology, slopes, and Permanent Preservation Areas (PPAs) were ranked through a Hierarchical Process Analysis (HPA) and then weighted by the Conservation Use Potential (CUP) calculation methodology. Data from the MapBiomass project were used to identify changes in land use and coverage between 1985 and 2022. A map of CUPs in the study area was obtained, with the highest incidence of high CUP (52.62% of the area), followed by medium (30.09%), low (6.50%), very high (5.85%), and very low (4.95) CUPs. Similarities were detected in changes in land use and cover between 1985 and 2022 in both the buffer zone and conventional use areas, which highlights the need to verify compliance with the buffer zone's functions. With the mappings obtained, it was possible to design a territorial organization that meets the management plan of the Turvo State Park.

Keywords: Turvo State Park; Hierarchical Process Analysis; buffer zone

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un ordenamiento territorial de los municipios de Derrubadas, Barra do Guarita y Esperança do Sul, RS, a través de la metodología de Potencial de Uso Conservacionista y analizar el uso y la cobertura del suelo como instrumentos de gestión y conservación del Parque Estatal Turvo desde su zona de amortiguamiento. Para esto, los datos sobre edafología, litología, pendientes y Áreas de Preservación Permanente (APP) se clasificaron mediante un Análisis de Proceso Jerárquico (APJ) y luego se ponderaron mediante la metodología de cálculo del Potencial de Uso de Conservación (PUC). Se utilizaron datos del proyecto MapBiomass para identificar cambios en el uso y cobertura del suelo entre 1985 y 2022. Se obtuvo un mapa de PUC en el área de estudio, con mayor incidencia de PUC alto (52,62% del área), seguido de medio (30,09%), PUC bajos (6,50%), muy altos (5,85%) y muy bajos (4,95). Se detectaron similitudes en los cambios de uso y cobertura del suelo entre 1985 y 2022 tanto en la zona de amortiguamiento como en las áreas de uso convencional, lo que resalta la necesidad de verificar el cumplimiento de las funciones de la zona de amortiguamiento. Con los mapeos obtenidos se logró diseñar una organización territorial que cumpla con el plan de manejo del Parque Estatal Turvo.

Palabras-clave: Parque Estatal Turvo; Análisis Jerárquico de Procesos; zona de amortiguamiento

1 INTRODUÇÃO

A humanidade, em seus esforços voltados ao progresso, constantemente desenvolve novas tecnologias e formas de utilização dos recursos naturais. No entanto, ainda que a Terra conte com uma complexa biosfera, o ritmo no qual as transformações do ambiente natural em um ambiente antropizado acontecem tem sido motivo de pesquisa e preocupação ao longo das últimas décadas. Como exemplo,

em setembro de 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) a serem alcançados até 2030, conforme ONU Brasil (2015). Desde então, o conceito ou o discurso do desenvolvimento sustentável tem sido adotado por uma ampla gama de grupos e organizações.

Para serem atendidos os ODSs, entre outros fatores, é válido considerar a adoção de uma unidade territorial sobre a qual serão aplicados os planejamentos e metodologias. Dado o modelo de organização territorial vigente no Brasil, baseado em municípios como unidades mais básicas dos poderes executivo e legislativo, esse recorte espacial se apresenta como uma alternativa. Para Gass, Silva e Arruda, (2022, 2023), o município, enquanto divisão administrativa dotada de personalidade jurídica, constitui a unidade responsável pelo planejamento e gerenciamento do território ao nível local. Em alguns casos, como o que apresentamos no presente estudo, torna-se necessária uma visão de cooperação entre mais de um município, pois fenômenos naturais não estão necessariamente delimitados pelas malhas territoriais, transpondo assim os seus limites.

A utilização responsável dos recursos naturais requer um planejamento e gestão a partir do ordenamento do território, visando sua preservação. Neste sentido, como exemplo desta proteção, podem ser citadas as unidades de conservação. Essas regiões ou áreas possuem considerável relevância ambiental, paisagística, histórica e/ou cultural, além de desempenharem um papel crucial na sustentação dos ciclos ecológicos. Elas requerem abordagens especiais para preservação (Manetta *et al.*, 2015). No entanto, a mera criação dessas áreas por meio de medidas legais não garante a conservação e proteção efetiva dos recursos naturais nelas contidos. Nesse contexto, tecnologias geoespaciais como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto emergem como instrumentos valiosos para monitorar atividades humanas e seus efeitos ambientais nas unidades de conservação (Oliveira, 2013).

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento, enquanto ferramentas utilizadas na seara das análises ambientais, são recursos poderosos e de utilização relativamente facilitada, principalmente pelo acesso a softwares e fontes de dados disponibilizados gratuitamente, como o QGIS, imagens dos sensores da família de satélites Landsat e

dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ainda assim, apesar de fornecerem a possibilidade de análise visual da superfície terrestre e seus fenômenos, é recorrente a necessidade de analisar esses dados por outros meios, para ser possível uma caracterização mais sistemática, o que demanda trabalhar com dados quantitativos.

Ao se trabalhar com questões ambientais, não é raro encontrar dados qualitativos, como as classes pedológicas e litologias, por exemplo. Da necessidade de obter dados quantitativos a partir dessas informações é possível recorrer a ponderações como as análises multicritério, dentre as quais é possível destacar a Análise Hierárquica de Processos (AHP) (Saaty, 1977, 2016) que ao considerar critérios e suas ponderações, atribui, a eles, notas e pesos, o que possibilita a avaliação e comparação entre eles, com embasamento estatístico. Ao adotar a escala de importância proposta por Saaty (1977), possibilita-se estabelecer a hierarquia das variáveis globais utilizadas no estudo.

Com a disponibilidade de informações ambientais e técnicas que permitam suas ponderações, é possível a aplicação de índices, que combinam os valores e pesos das diferentes variáveis em uma escala de valores em comum, como o Potencial de Uso Conservacionista (PUC). Nesse contexto, Costa *et al.* (2017) utilizaram a declividade, a pedologia e a geologia para elaborar zoneamentos destinados a determinar o PUC em bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais. Adicionalmente, Costa *et al.* (2019b) utilizaram a metodologia do PUC somada a dados de uso e cobertura da terra, resultando na identificação das áreas que requerem conservação na bacia hidrográfica do córrego Guavirá, no estado do Paraná.

A partir da elaboração do mapeamento do PUC é possível identificar e analisar cenários, dentre os quais merecem destaque o Parque Estadual do Turvo. Esse parque está localizado no município de Derrubadas-RS, e está registrado como reserva florestal, além de estar inserido no contexto do bioma Mata Atlântica, que é o “bioma brasileiro com menor área de cobertura vegetal original” (Botelho; Clevelário-Júnior, 2016, p. 267). Considerada sua relevância para o contexto ambiental do Rio Grande do Sul e da Argentina, visto que esta unidade de conservação tem sequência naquele

país, é pertinente a adoção de metodologias capazes de verificar a adequação e manutenção desse parque no que diz respeito ao PUC.

Diante dos pressupostos apresentados, o objetivo desta pesquisa foi elaborar o mapeamento do Potencial de Uso Conservacionista dos municípios de Derrubadas, Barra do Guarita e Esperança do Sul-RS, e analisar o uso e cobertura da terra como instrumentos de gestão e conservação do Parque Estadual do Turvo, a partir da sua zona de amortecimento.

2 DADOS QUALITATIVOS E SUA ANÁLISE NO CONTEXTO AMBIENTAL

No âmbito das análises ambientais, por vezes é necessário ressaltar aspectos qualitativos, tais como tipos de solo, biomas, categorias altimétricas e declividades, entre outras variáveis conforme o propósito da pesquisa. Ocasionalmente, é necessário gerar resultados numéricos e produtos cartográficos para representar a realidade de uma determinada área delimitada. Diante disso, é frequente discutir abordagens metodológicas capazes de considerar variáveis qualitativas, organizando-as de maneira sistemática, a fim de construir índices e mapas que sejam compreensíveis e condizentes com a realidade. Essa necessidade pode ser suprida por meio de análises multicritérios.

Conforme abordado por Pereira *et al.* (2019), a Análise Espacial Multicritério configura-se como um método avaliativo que possibilita estabelecer hierarquias para facilitar o processo de tomada de decisões. De acordo com esses pesquisadores, essa abordagem representa uma ferramenta robusta no desenvolvimento de estratégias para o planejamento e zoneamento do uso do solo, destacando-se, especialmente, ao considerar a avaliação da fragilidade ambiental.

Segundo Ross (1994), é possível realizar o mapeamento das fragilidades ambientais, do ordenamento territorial e de outros elementos através da sobreposição de mapas. Isso envolve a síntese de fatores físicos, como declividade, clima e pedologia, juntamente com fatores sociais e/ou ambientais, como uso e cobertura da terra. Para realizar essa sobreposição de mapas, são aplicados os princípios da inferência geográfica, que incluem métodos como combinação linear, ponderação e média, além

de técnicas de função *fuzzy*. Também são considerados subcritérios e são utilizados métodos como o Método de Análise Hierárquica (Moreira *et al.*, 2001).

A Análise Hierárquica de Processos (AHP) implica a comparação direta entre elementos. As relações de predominância de um elemento sobre o outro para a ocorrência de um fenômeno específico recebem avaliações segundo sua intensidade, variando de uma nota 1 para igual relevância até 9 para total predominância de um elemento sobre o outro para um determinado evento. Essas comparações são aplicáveis tanto entre variáveis (critérios) como entre seus detalhes específicos (fatores). Após conduzir as comparações, é formada uma matriz comparativa, a qual é normalizada, e seu autovetor demonstra a ponderação de cada critério para a ocorrência do evento. Quando a comparação entre os elementos A e B é pontuada com o valor X, a comparação inversa (B x A) recebe a nota recíproca (1/X). Ao obter o autovalor da matriz, é calculado o índice de consistência, que ao ser dividido pelo índice randômico ajustado ao número de critérios (Saaty, 1977, 2016), resulta na razão de consistência. Se essa razão for igual ou inferior a 0,1 (10%), a atribuição de valores pode ser considerada apropriada.

A utilização da AHP em conjunto com estudos ambientais se manifesta em diversas áreas do conhecimento, e é relevante salientar investigações abrangendo mapeamento dos riscos ao processo de degradação ambiental (Falcão, 2013), avaliação do Potencial de Uso Conservacionista (PUC) (Costa *et al.*, 2017, 2019b) e a representação da paisagem, empregando a metodologia do PUC e tendo dados auxiliares como da cobertura e uso das terras e da estrutura fundiária do município de Santo Cristo-RS, como ferramenta de gestão territorial (Gass; Silva; Arruda, 2022). Nessas pesquisas, foi viável obter mapas quantitativos dos índices desejados, a partir de variáveis como pedologia, litologia, geologia, usos do solo e declividades. Portanto, torna-se evidente que as avaliações conduzidas por meio da AHP podem resultar em pontuações distintas, dependendo do propósito da pesquisa.

O método do PUC, como delineado por Costa *et al.* (2019a), consiste em uma abordagem que integra avaliações e a aplicação da álgebra de mapas, resultando na

segmentação e classificação de bacias hidrográficas com base em seus potenciais de recarga hídrica para uso agropecuário e resistência à erosão. No mesmo contexto, os autores detalham de maneira especializada a ponderação de variáveis como pedologia, litologia e declividades por meio do mapa do PUC da bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte, localizada no estado de Minas Gerais.

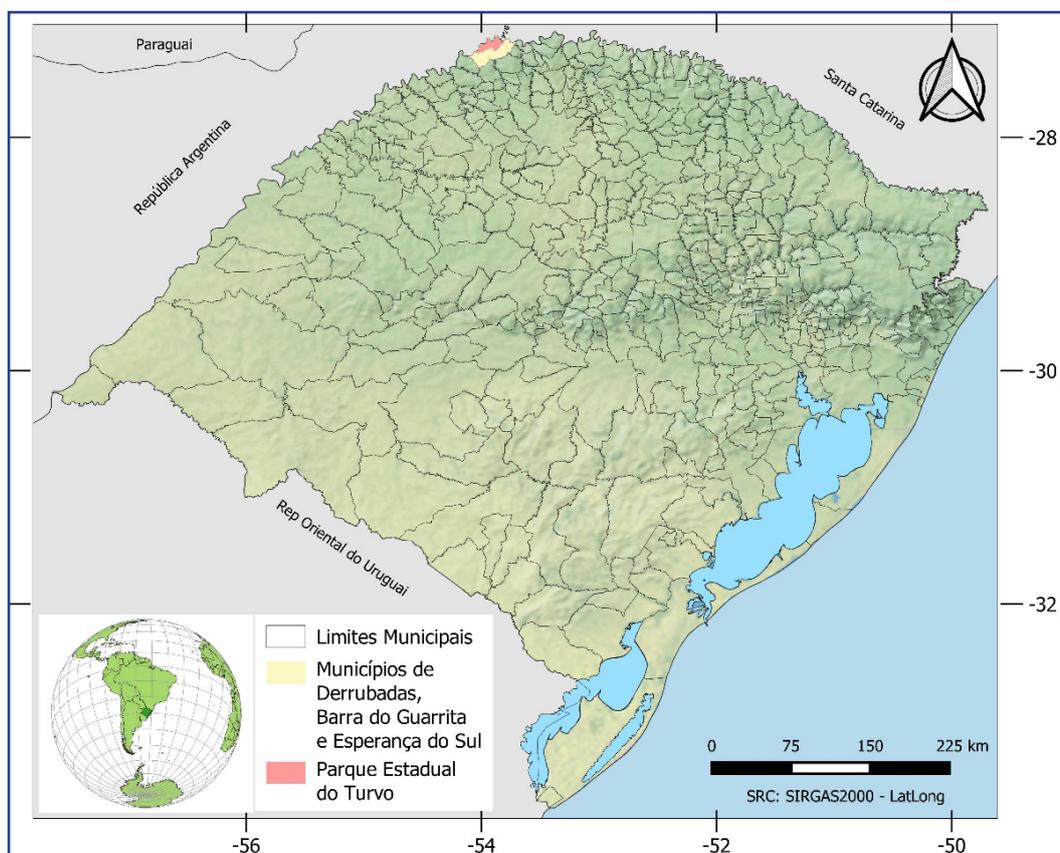
Para análises ambientais, é viável empregar ferramentas de geoprocessamento para a obtenção e tratamento de informações. Essa esfera de conhecimento e seus componentes, que incluem Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), imagens de sensoriamento remoto e dados vetoriais, são combinados de maneira a gerar mapas e tabelas que podem contribuir para os processos de planejamento e gestão. Conforme mencionado por Cordeiro *et al.* (2001), a sobreposição de mapas pode atualmente ser realizada em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas por meio da álgebra de mapas. Essa abordagem tem sido adotada como suporte para a Análise Espacial Multicritério, na qual são atribuídas avaliações aos elementos analisados.

Além das variáveis discutidas até o momento, também têm relevância em pesquisas ambientais as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as quais, conforme definido por Brasil (2012), possuem a função de preservação da vegetação e conservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade. Portanto, essas áreas desempenham um papel fundamental nos estudos ambientais.

3 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, definiu-se como área de estudo os municípios abrangidos pela zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, localizado no município de Derrubadas-RS, como pode ser verificado na Figura 1. O Parque foi criado em 11 de março de 1947, através do Decreto Estadual 2.312 (Rio Grande Do Sul, 1947), conta com uma área de 17.491,40 hectares, e é uma das primeiras Unidades de Conservação do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Localização do Parque Estadual do Turvo e dos municípios abrangidos por sua zona de amortecimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2023), a partir de IBGE (2023)

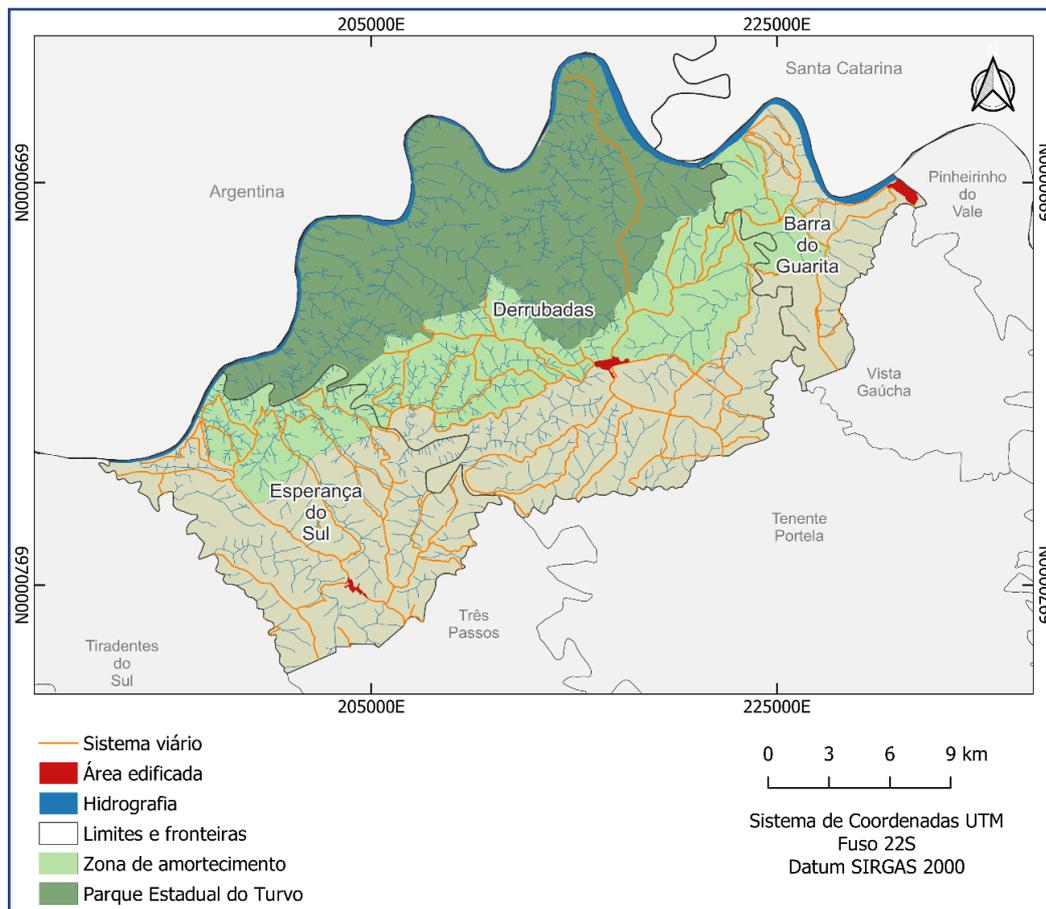
O Parque Estadual do Turvo é delimitado geograficamente ao norte pelo rio Uruguai, a leste pelo rio Parizinho, a oeste pelo rio Turvo e ao sul por um conjunto de propriedades rurais. Sua zona de amortecimento, definida pelo Plano de Manejo (Rio Grande Do Sul, 2005), é a área no entorno da unidade, na qual as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições estabelecidas pelo Plano de Manejo, com o intuito de minimizar os impactos ambientais externos sobre o parque. De acordo com o Plano de Manejo, para a delimitação dessa zona foram consideradas áreas com potencial interferência direta sobre a unidade de conservação, como microbacias que drenam diretamente para o parque, rios limítrofes, rodovias ou cotas altimétricas que atuam como divisores de águas.

A zona de amortecimento, por ter objetivo de estabelecer uma área que tenha a função de proteger a unidade de conservação, ultrapassa os limites municipais

de Derrubadas, no qual se localiza o Parque Estadual do Turvo. Neste sentido, são abrangidos pela zona de amortecimento os municípios de Esperança do Sul, localizado a oeste de Derrubadas, e Barra do Guarita, localizado a leste de Derrubadas. Na Figura 2 é apresentado o contexto geográfico do Parque, de sua zona de amortecimento e dos municípios abrangidos.

Cabe destacar que o presente estudo considera o território dos três municípios nas análises, por este ser o recorte territorial adotado no Brasil para a elaboração e aplicação de políticas públicas em âmbito local. Contudo, há pesos distintos para a zona de amortecimento e para a área dos municípios que não a integram, demonstrando assim a diferenciação que deve ser dada a elas nos processos de gestão territorial a serem adotados pelos municípios, bem como pela gestão do Parque.

Figura 2 – Informações geoespaciais básicas da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O Parque Estadual do Turvo se destaca por ser a última formação vegetal em território gaúcho, com uma cobertura predominante arbórea, com mais de 700 espécies de plantas em uma área da Mata Atlântica protegida por lei. A vegetação predominante é a floresta subtropical, com formações arbóreas que variam de tamanho conforme as características do solo aos quais estão associadas, se sobressaindo árvores que atingem alturas superiores a 30 metros (Rosa *et al.*, 2013).

No leito do rio Uruguai encontra-se o Salto do Yucumã, uma das atrações turísticas do Parque, que se caracteriza como uma queda de água longitudinal, com 1.800 metros de extensão. Suas quedas estão posicionadas uma ao lado da outra, com alturas que variam de 12 a 15 metros. O salto tem sua origem tectônica relacionada com a formação de fraturas subverticais originadas durante o resfriamento do magma há cerca de 200 milhões de anos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TRATAMENTO DOS DADOS

A análise ambiental, como já destacado, pode englobar ponderações compostas por variáveis qualitativas, o que pode demandar a utilização de metodologias capazes de processá-las de forma quantitativa. No entanto, para que isso seja possível, antes é necessária a estruturação de uma base de dados, bem como a organização deles para os diferentes níveis de processamento posteriores. Em respeito a essa premissa, estão descritos a seguir os dados e procedimentos adotados ao longo desse trabalho.

4.1 Dados: obtenção e tratamento inicial

Para a análise geoespacial da área de estudo, foi necessária a aquisição de planos de informações georreferenciados que a representem sob diferentes óticas. Foram obtidos dados de pedologia (classes de solo), litologia, declividades, hidrografia, limites municipais, além do uso e cobertura da terra. No Quadro 1 é encontrada a listagem dos dados utilizados e suas propriedades principais.

Quadro 1 – Listagem dos dados utilizados

Dado	Formato	Escala Res. espacial	Fonte
Pedologia	Vetorial	1:250.000	https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html
Litologia	Vetorial	1:750.000	https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16774
Limites municipais	Vetorial	1:25.000	http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/
Hidrografia	Vetorial	1:25.000	http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/
Limites do Parque Estadual do Turvo	Vetorial	1:50.000	https://sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo
Zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo	Vetorial	1:50.000	https://www.sema.rs.gov.br/licenciamento-e-unidades-de-conservacao
Classes de declividade	Raster	30 metros	https://www.dsr.inpe.br/topodata/
Uso e cobertura da terra	Raster	30 metros	https://brasil.mapbiomas.org/

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Os dados obtidos foram submetidos a um pré-processamento, uma vez que se tratam de informações oriundas de diferentes bases de dados, com diferentes Sistemas de Referência de Coordenadas, além de incluírem a representação de áreas além daquela delimitada para essa pesquisa. Para tanto, inicialmente os dados foram recortados para os limites da área de estudo e posteriormente feita a sua reprojeção para a projeção UTM, fuso 22S, associada ao sistema de referência SIRGAS2000, identificado pelo EPSG 31982.

A partir dos dados de hidrografia, foram geradas as delimitações das APPs na área de estudo. Nessa etapa, a rede de drenagem sem largura definida foi considerada como cursos d'água com largura inferior a 30 metros, sendo correspondentes a esses uma APP de 30 metros. Reservatórios de água com área inferior a 20 hectares receberam uma APP de 50 metros, não sendo identificados reservatórios com área superior a 20 hectares. Os rios Turvo e Guarita foram associados a APPs de 50 metros, pois não foram identificadas distâncias entre margens superiores a 50 metros em seus cursos. Já o rio Uruguai recebeu uma APP de 200 metros, pois foram identificados trechos com margens de até 600 metros entre si ao longo do curso, coincidente com os municípios de Derrubadas, Esperança do Sul e Barra do Guarita. Todas as

delimitações foram feitas em consonância com os parâmetros estipulados pelo artigo 4º do Novo Código Florestal (Brasil, 2012). A geração de APPs foi feita pelo método buffer de dados vetoriais.

4.2 Atribuição de valores aos dados

Uma vez concluída a preparação dos dados, se procedeu à associação de valores. Para tanto, foi necessário calcular os valores adequados a cada critério e seus fatores. Os valores foram atribuídos segundo as bibliografias consultadas e pela análise das características dos planos de informações utilizados. As notas atribuídas aos fatores de cada critério podem ser visualizadas nas tabelas 1, 2, 3 e 4. Já a distribuição espacial dos critérios avaliados pode ser visualizada na Figura 3.

Tabela 1 - Classes pedológicas e suas notas de PUC

Classe	Nota PUC
Cambissolo	2,6
Latossolo	4,7

Fonte: adaptado de Costa (2017)

Tabela 2 - Classes litológicas e suas notas de PUC

Classe	Nota PUC
Basalto, Andesito	3,1

Fonte: adaptado de Costa (2017)

Tabela 3 - Classes de declividades e suas notas de PUC

Classe	Nota PUC	
	DN original	DN atribuído
0% a 3%	1	5
3% a 8%	2	4
8% a 20%	3	3
20% a 45%	4	2
maior que 45%	5	1

Fonte: adaptado de Costa (2017)

Tabela 4 - Notas do PUC de acordo com as classes de uso e cobertura da terra

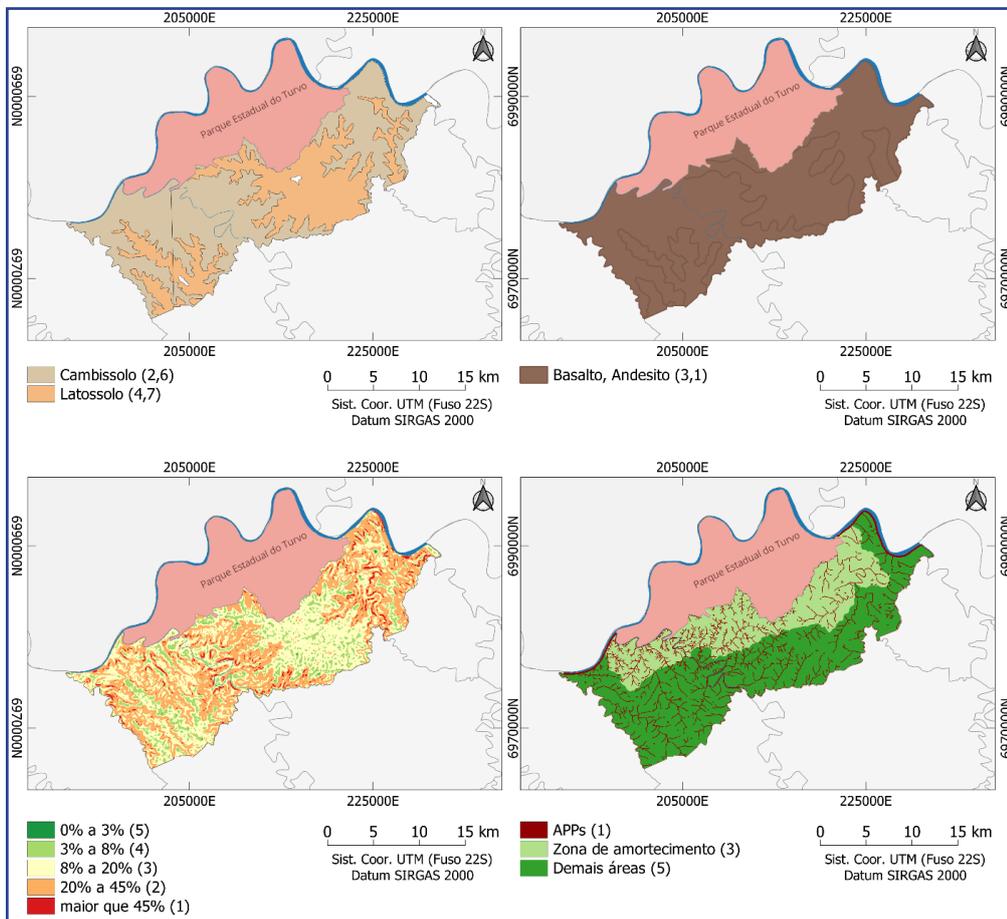
Classe	Nota PUC	Descrição
Uso convencional	5	Manejo usual. Condicionado apenas às outras variáveis PUC.
Uso em amortecimento	3	Manejo que deve ser adequado à zona de amortecimento da UC
Áreas de Preservação Permanente	1	Atende ao disposto no Novo Código Florestal
Parque do Turvo	0	Apenas atividades regulamentadas pelo Plano de Manejo da UC.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Acerca dos valores dispostos na tabela 4, é importante considerar que, assim como para os demais critérios, são notas atribuídas aos fatores, em uma escala de 1 a 5, conforme sua relevância para o PUC. A associação dos valores se deu em consideração ao grau de preservação ou conservação inerentes a cada local. O Parque do Turvo, por se tratar de uma unidade de conservação, recebeu nota 0, em consideração ao baixíssimo impacto ambiental preconizado para esses locais. As APPs, importantes para a preservação ambiental e respaldadas legalmente para esse fim, permitem apenas seu acesso para atividades agrossilvipastoris, ecoturismo e outras ações de baixo impacto, e, portanto, foram associadas a uma nota 1. Já a zona de amortecimento, que tem seu uso permitido desde que em consonância com o plano de manejo da UC, recebeu nota 3. As demais áreas receberam nota 5, pois não apresentam restrições senão aquelas eventualmente decorrentes dos demais fatores considerados pelo PUC.

A associação de valores para os arquivos vetoriais se deu através de funções condicionais, que atribuíram a cada feição da tabela de atributos a nota correspondente. Para o arquivo raster de declividades, a atribuição de notas foi feita pela calculadora raster. Após a associação de notas aos planos de informações, eles foram convertidos para o formato raster, a fim de possibilitar o cálculo pixel-a-pixel do PUC. Os planos de informações resultantes tiveram sua resolução espacial definida para 30 metros, com o intuito de torná-los compatíveis com o tamanho de pixel presente no raster de declividades.

Figura 3 - Distribuição espacial da pedologia, litologia, declividades e APPs na área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.3 Análise Hierárquica de Processos e o Potencial de Uso Conservacionista

Para a ponderação do peso de cada critério foi feito a AHP dos mesmos, os quais resultaram na matriz de pesos representada pelo Quadro 2.

Quadro 2 - Matriz de prioridades

Classes	Pedologia	Litologia	Declividade	APP
Pedologia	1	2	1/5	1/3
Litologia	1/2	1	1/3	1/3
Declividade	5	3	1	1/2
APP	3	3	2	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O processamento dos valores inseridos resultou no autovetor de prioridades compostas, que definiu o peso de cada critério, sendo estes: 0,134 para pedologia, 0,103 para litologia, 0,343 para declividades e 0,419 para APPs. A matriz de prioridades e seu respectivo autovetor foram considerados consistentes, pois sua razão de consistência (RC) foi de 0,093, inferior ao limite de 0,1 proposto por Saaty (1977, 2016).

Uma vez definidos os pesos dos critérios e as notas de seus fatores, foi calculado o PUC, via calculadora raster, conforme descrito pela Equação 1.

$$PUC = (P * 0,134) + (L * 0,103) + (D * 0,343) + (A * 0,419) \quad (1)$$

sendo:

P = pedologia;

L = litologia;

D = declividade;

A = APPs.

O raster resultante consistiu em uma imagem com pixels de diferentes valores, decorrentes das combinações entre fatores e critérios. Para simplificar a leitura e a avaliação dos resultados, foi feita a reclassificação do mapa do PUC. A reclassificação do mapa do PUC foi feita através da calculadora raster, na qual os valores foram agrupados conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição dos valores do PUC em classes

Classe PUC	Intervalo de valores
Muito baixo	até 1,8
Baixo	de 1,8 até 2,6
Médio	de 2,6 até 3,4
Alto	de 3,4 até ≤ 4,2
Muito alto	acima de 4,2

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.4 Uso e cobertura da terra

Para a quantificação do uso e cobertura da terra na área de estudo, foram utilizados dados do projeto MapBiomas (MAPBIOMAS, 2023), sendo estes referentes aos anos de 1985 e 2022, com resolução espacial de 30 metros. Os planos de

informações foram recortados para os limites da área de estudo e então reprojatados para coordenadas UTM do fuso 22S, associadas ao sistema de referência SIRGAS 2000. Com o intuito de identificar a dinâmica do uso e da cobertura da terra nas diferentes áreas de interesse, os dados também foram recortados para os limites da zona de amortecimento e para a área mais externa (de uso comum).

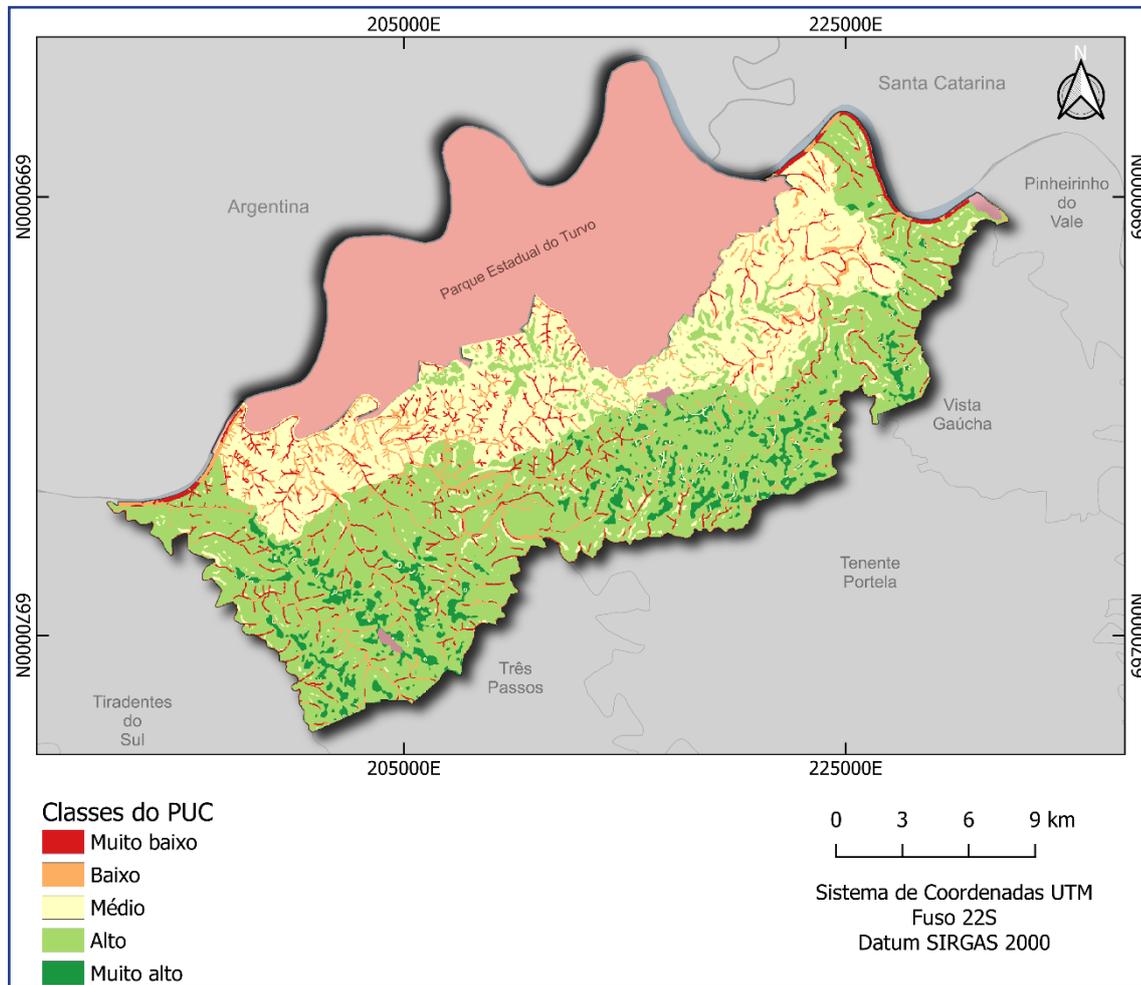
Uma vez que cada classe de uso e cobertura da terra está associada a um número digital (ou valor de pixel), foi feita a contagem dos diferentes valores de pixel presentes na área total, na zona de amortecimento e na porção mais externa da área de estudo. Os somatórios das classes de uso e cobertura da terra foram tabulados em planilha eletrônica, para melhor visualização.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criação e manutenção do Parque Estadual do Turvo certamente contribuíram e continuam a contribuir para a preservação de recursos naturais na área de estudo, bem como possuem importância num contexto global. Diante disso, sua influência se estende para além de seus limites, a qual será apresentada e discutida ao longo dessa seção. A zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, descrita por Rio Grande do Sul (2005) e representada na Figura 2, tem a função de mitigar os efeitos das práticas de uso e ocupação da área de entorno sobre a unidade de conservação.

Com a aplicação da metodologia de definição do Potencial de Uso Conservacionista, adaptada a um cenário com presença de APPs e zona de amortecimento de uma unidade de conservação, foi possível a obtenção de um mapa do PUC que permite visualizar a importância de ações conjuntas em prol da preservação ambiental. O produto cartográfico resultante da aplicação da referida metodologia pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Potencial de Uso Conservacionista da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Uma primeira análise possível a partir da distribuição espacial do PUC permite visualizar três zonas distintas na área de estudo: na porção superior (Norte) o Parque Estadual do Turvo; ao centro as áreas abrangidas pela zona de amortecimento; e na porção inferior (Sul), as áreas externas à zona de amortecimento. Enquanto a zona de amortecimento conta predominantemente com áreas de PUC médio, a região mais externa apresenta, em sua maioria, PUC alto ou muito alto. Esse comportamento é decorrente não apenas do maior peso associado às categorias de uso e cobertura da terra, como também pela presença praticamente exclusiva de uma pedologia composta por latossolos e cambissolos, além de uma litologia majoritariamente basáltica. Cabe ressaltar que para o Parque Estadual do Turvo não foi calculado o PUC, tendo em vista que se trata de uma

unidade de conservação de uso restrito, não cabendo, portanto, tal análise.

A quantificação das áreas do PUC, disposta na Tabela 6, reforça o que pode ser observado a partir da análise visual: a predominância das áreas com PUC alto e médio e a participação em menor escala, porém com intensidade semelhante, das áreas com índice baixo, muito alto e muito baixo, aqui citados em ordem decrescente.

Tabela 6 - Quantificação percentual das classes de PUC

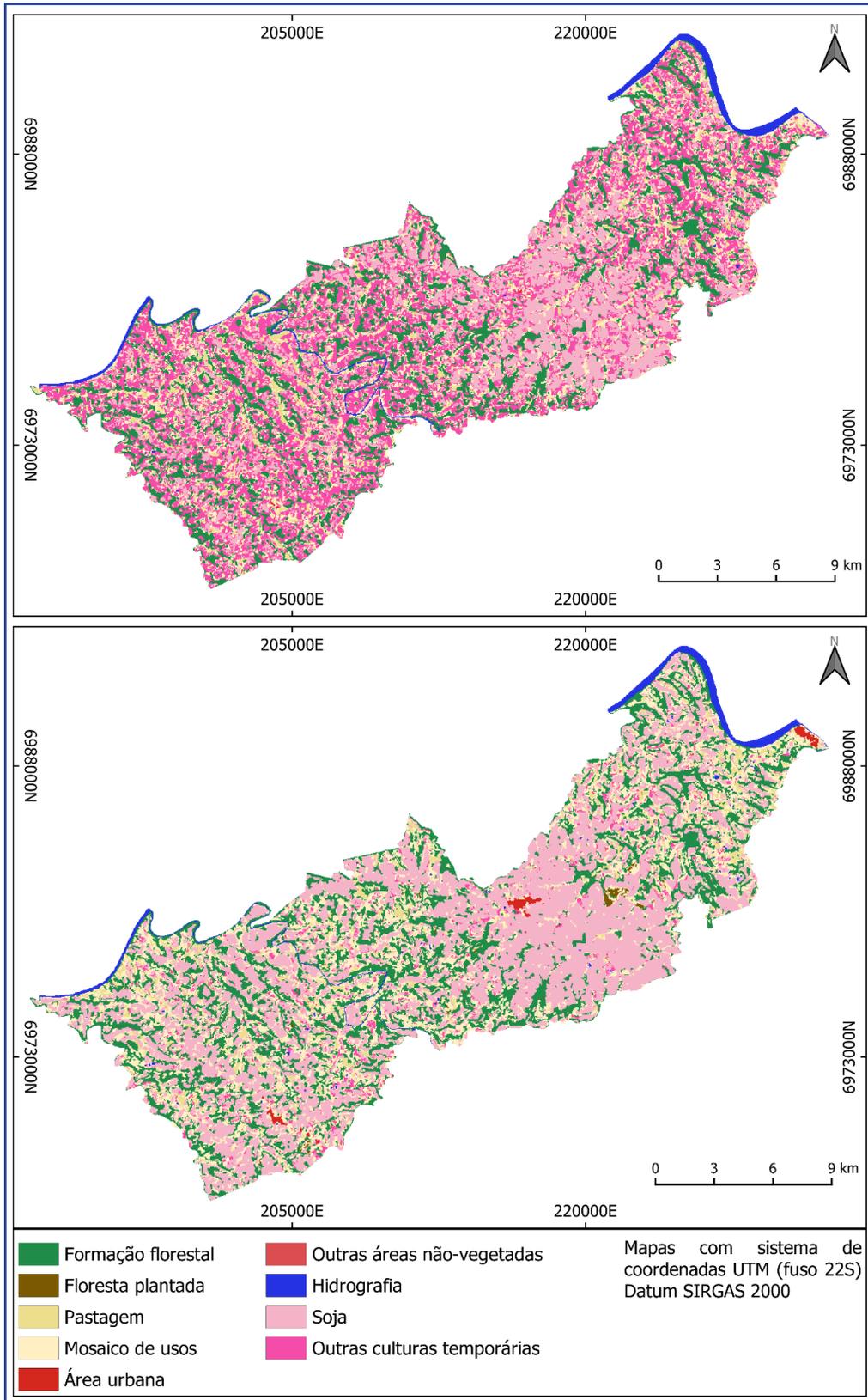
Classe PUC	Área (%)
Muito Baixo	4,95
Baixo	6,50
Médio	30,09
Alto	52,62
Muito alto	5,85
Total	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Com relação às APPs, que se manifestaram espacialmente no entorno da hidrografia, se nota a presença de PUC baixo e muito baixo, tanto na zona de amortecimento quanto na região mais externa. Contudo, cabe ressaltar que isso não é suficiente para inferir a possibilidade de distintas formas de manutenção entre os diferentes PUCs. Além disso, deve ser considerada sua função de preservação nas proximidades dos cursos de água, não havendo espaço para modulações decorrentes dos diferentes critérios e seus fatores.

Considerada a proposta de preservação das proximidades da unidade de conservação, materializada pela zona de amortecimento, a Figura 5 representa o uso e cobertura da terra nesta área nos anos de 1985 e 2022. Em sua inspeção visual, é notório o crescimento das áreas de floresta plantada, expansão das áreas urbanas e redução dos locais com “outras lavouras temporárias”.

Figura 5 – Uso e cobertura da terra na área de estudo nos anos de 1985 e 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2023) a partir dos dados do projeto MapBiomass

A quantificação do uso e cobertura da terra em 1985 e 2022, apresentada na Tabela 7, tanto na área externa quanto na zona de amortecimento, possibilita observar semelhanças entre as duas áreas. Com relação à formação florestal, esta sofreu um crescimento próximo de 21% tanto nas áreas externas quanto na zona de amortecimento. Já a silvicultura foi detectada apenas na área externa. Esse fato parece indicar uma adequação dessas áreas ao que o plano de manejo propõe, além de ter crescido em áreas nas quais predominam o PUC alto ou muito alto. Nesse contexto, Tramontina *et al.* (2017), investigando a mesma área de estudo, também encontraram uma tendência de expansão das áreas florestais, o que atribuem à legislação e fiscalização ambiental da área.

As pastagens tiveram sua superfície reduzida tanto na zona de amortecimento quanto na região externa. No entanto, o crescimento do cultivo de soja e outras áreas não vegetadas chama a atenção, principalmente por sua ocorrência na zona de amortecimento. De forma semelhante, Tramontina *et al.* (2017) também detectaram a presença de agricultura e solo exposto na zona de amortecimento. Em tempo, o crescimento por si não indica necessariamente inadequação, no entanto, evidencia a necessidade de verificação da sua adequação.

Além das modificações ocorridas nas áreas de cultivo, também se sobressaiu o crescimento das áreas urbanizadas, principalmente na zona externa, mas também na zona de amortecimento. A análise visual dos mapas da Figura 5 possibilita observar o crescimento das feições de área urbana, manifestadas em coloração vermelha, tanto na área externa quanto na zona de amortecimento. Por conseguinte, esse crescimento se sucedeu tanto em áreas com diferentes PUC.

Acerca dos resultados elencados até então, é necessária uma interpretação cautelosa. Apesar do embasamento estatístico propiciado pela AHP e pelo PUC, bem como pela consideração das notas fornecidas pela bibliografia consultada, permanece a atribuição de notas que parte de análises qualitativas. Também é pertinente ressaltar que o cálculo do PUC não se trata de um diagnóstico definitivo, mas sim consiste em um ponto de partida para a detecção de locais em que o uso da terra causa maior ou

menor impacto, ao passo que também permite a identificação de áreas que demandam cuidados e ações em prol de sua preservação.

Tabela 7 - Variações percentuais das classes de uso e cobertura da terra entre 1985 e 2022

Classes	Total (menos UC)	Amortecimento	Externa
Formação florestal	21,31	22,77	20,54
Silvicultura	3.996,77		1.722,58
Pastagem	-18,21	-9,60	-22,93
Mosaico de usos	37,93	40,09	36,75
Área urbanizada	2.301,22	1.632,35	2.775,00
Outras áreas não vegetadas	606,67	392,86	703,23
Corpos de água	-6,91	-12,01	-5,83
Soja	101,77	97,54	104,12
Outras lavouras temporárias	-90,69	-90,26	-90,93

Fonte: Autores (2023), a partir dos dados do projeto MapBiomias

No que concerne a ações voltadas para a gestão do uso e cobertura da terra, principalmente situadas na zona de amortecimento, convém considerar que a mesma abrange três municípios e também requer sua participação conjunta em consonância com a jurisdição estadual sobre a UC. Considerada a função da zona de amortecimento, a ocorrência de mudanças no uso e cobertura da terra similares às ocorridas na zona externa também ressalta a importância da elucidação da forma como essas mudanças se deram. Investigar essa similaridade potencialmente permite identificar a adequação dos municípios às proposições do plano de manejo com relação à função preservadora da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo. Além disso, a similitude das modificações no uso e cobertura ocorridas em PUC distintos, por si, também chamam a atenção, haja vista que se tratam de diferentes capacidades de suporte e resiliência aos impactos decorrentes da utilização.

A possibilidade de obtenção de planos de informações com diferentes temáticas e de forma gratuita tem certamente a contribuir para que iniciativas de pesquisa e gestão sejam dedicadas à preservação ambiental. Ainda assim, em determinados casos, pode ser necessário o levantamento de dados mais detalhados, principalmente no que concerne a escalas e resoluções espaciais maiores. Ademais, o refinamento

das informações certamente pode fornecer cenários mais próximos da realidade. Dessa forma, apesar de os resultados obtidos nesse trabalho estarem limitados a uma escala relativamente pequena, fica sua contribuição como proposta metodológica, tanto para sua aplicação com dados mais detalhados quanto para a inclusão de novos critérios de interesse.

A utilização de técnicas como o PUC e AHP possibilitaram um mapeamento sobre o qual é possível projetar um ordenamento territorial que atende tanto ao plano de manejo do Parque Estadual do Turvo quanto às combinações de pedologias, litologias, declividades e APPs na área de estudo. Com base nesse ordenamento, cabe aos gestores dos municípios abrangidos pela zona de amortecimento da UC monitorar as mudanças em seu uso e cobertura da terra, inclusive no que diz respeito à sua similaridade com aquelas ocorridas nas demais áreas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pedologia, litologia, declividades e áreas de interesse para a preservação ambiental (APPs e zona de amortecimento da Unidade de Conservação), foi elaborado um mapeamento quantitativo das áreas com maiores e menores fragilidades ambientais.

O PUC que se sobressaiu foi o alto (52,62% da área), seguido pelos PUCs médio (30,09%), baixo (6,50%), muito alto (5,85%) e muito baixo (4,95%), estando a maior parte dos PUCs médios concentrados na zona de amortecimento, enquanto os PUCs mais altos na área mais externa. Já os PUCs baixos e muito baixos foram detectados ao longo de toda a área de estudo, principalmente ao longo das APPs relacionadas à hidrografia.

A utilização da metodologia do PUC pôde ser vinculada aos dados de uso e cobertura da terra dos anos de 1985 e 2022. As modificações ocorridas se deram de forma similar entre a zona de amortecimento e as demais áreas. Isso também significa semelhanças de uso em diferentes PUCs, abrindo, assim, a necessidade do debate sobre a observância das restrições de uso que devem ocorrer na zona de amortecimento, as quais podem ser refinadas a partir dos dados do PUC identificados pelo presente estudo.

O PUC e a AHP se mostraram eficazes na ponderação e representação de variáveis de interesse para a preservação ambiental em áreas adjacentes a Unidades de Conservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, R. G. M.; CLEVELÁRIO-JÚNIOR, J. Recursos naturais e questões ambientais. *In*: FIGUEIREDO, A. H. de. **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. p. 138-319. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884.pdf>

BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; [...] e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. n° 1, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 09 de set. 2023.

CORDEIRO, J. P.; BARBOSA, C. C. F.; CÂMARA, G. Álgebra de campos e objetos. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 8-26. *E-book*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 09 de out. 2023.

COSTA, A. M. da *et al.* Ponderação de variáveis ambientais para a determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 118-133, 2017.

COSTA, A. M. da *et al.* Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do córrego Guavirá, PR. **Revista Perspectiva Geográfica**, Campus Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 20, p. 107-122, 2019b. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/24034>. Acesso em: 08 de out. 2023.

COSTA, A. M. da *et al.* Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte - MG. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 127-147, 2019a.

FALCÃO, E. C. **Análise de riscos à degradação ambiental utilizando avaliação multicritério espacial, no município de Boa Vista - PB**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

GASS, S. L. B.; SILVA, D. M. D.; ARRUDA, S. F. D. A leitura e representação da paisagem rural como instrumento de gestão municipal: uma proposta para Santo Cristo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Agua y Territorio**, Jaén, n. 23, p. 43-55, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17561/at.23.7266>. Acesso em: 7 out. 2023.

GASS, S. L. B.; SILVA, D. M. da; ARRUDA, S. F. de. A representação da paisagem como instrumento de gestão municipal: uma proposta. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 20, n. 2, p. 115-116, 2022. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/17091>. Acesso em: 17 de ago. 2023.

IBGE. **Base cartográfica vetorial contínua do Brasil em escala 1:250.000, versão 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2023/ Acesso em 16 de out. 2023.

MANETTA, B. A. R. *et al.* Unidades de Conservação. **Engenharias On-line**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 1-10, 2015. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/eol/article/view/2959>. Acesso em: 12 de ago. 2023.

MOREIRA, F. *et al.* Inferência Geográfica e Suporte à Decisão. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-48. *E-book*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 20 de ago. 2023.

OLIVEIRA, M. T. de. **Fundamentos de topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2013. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582601204>. Acesso em: 20 set. 2023.

ONU BRASIL. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 7 out. 2023.

PEREIRA, P. R. M.; COSTA, F. W. D.; GARCÊS JÚNIOR, A. R. Geoprocessamento aplicado na análise da fragilidade ambiental do município de Brejo, Maranhão. **Revista Equador**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 521-540, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/equador.v8i2.9253>. Acesso em: 7 out. 2023.

RIO GRANDE DO SUL, **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo - RS**. Porto Alegre: Secretaria Estadual do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo>. Acesso em: 7 out. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 2.312, de 11 de março de 1947**. Aprova projeto e orçamento para a construção da ponte sobre o canal do Imunana. Diário Oficial da União: seção 1, Porto Alegre, 1947. Disponível em: <https://srema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo>. Acesso em: 7 out. 2023.

ROSA, P. A. *et al.* Dinâmica da floresta do Parque Estadual do Turvo com índices de vegetação. **Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 487-499, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/floram.2013.034>. Acesso em: 7 out. 2023.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 10 de out. 2023.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, University of Pennsylvania, Wharton School, Philadelphia, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977. Disponível em: [https://doi.org/doi:10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/doi:10.1016/0022-2496(77)90033-5). Acesso em: 20 de ago. 2023.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. *In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York: Springer, 2016. p. 345-405. (Série literária: International Series in Operations Research & Management Science).

TRAMONTINA, Juliana. *et al.* Zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo: um estudo da dinâmica espacial do uso e cobertura da terra. *In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. Santos – SP: INPE, 2017. n° 3361.

Contribuições de autoria

1 - Sidnei Luís Bohn Gass

Universidade Federal do Pampa, Doutor em Geografia

<https://orcid.org/0000-0001-5197-7506> • sidneibohngass@gmail.com

Contribuição: Conceituação, investigação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

2 - Dieison Morozoli da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestre em Geografia

<https://orcid.org/0000-0001-5281-8427> • dieison.geo@gmail.com

Contribuição: Conceituação, investigação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

3 - Sidney Ferreira de Arruda

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestre em Geografia

<https://orcid.org/0000-0001-8858-7317> • sidneyarrudageo@gmail.com

Contribuição: Conceituação, investigação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

4 - Roger Luan Mallmann

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Graduado em Geografia

<https://orcid.org/0009-0005-4118-770X> • rogerluanoo7@gmail.com

Contribuição: Conceituação, investigação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

GASS, S. L. B.; SILVA, D. M. da; ARRUDA, S. F. de; MALLMANN, R. L. O potencial de uso conservacionista como indicador de ordenamento territorial em municípios com presença de unidades de conservação. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e85901, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499485901. Acesso em: dia mês abreviado ano.