UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

ANÁLISE DOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA E USO DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DE ARARAS E MONUMENTO NATURAL ESTADUAL DA SERRA DA MARIA COMPRIDA – PETRÓPOLIS/RJ

Henrique Vieira de Castro Carlos Ferreira

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Sady Júnior Martins da Costa de Menezes**

TRÊS RIOS - RJ
NOVEMBRO – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

ANÁLISE DOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA E USO DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DE ARARAS E MONUMENTO NATURAL ESTADUAL DA SERRA DA MARIA COMPRIDA – PETRÓPOLIS/RJ

Henrique Vieira de Castro Carlos Ferreira

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

TRÊS RIOS - RJ
NOVEMBRO – 2023

Ferreira, Henrique V. C. C , 2000-

Análise dos Diferentes Tipos de Cobertura e Uso da Terra na Reserva Biológica Estadual de Araras e Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida – Petrópolis/RJ / Henrique Vieira de Castro Carlos Ferreira. - Três Rios, 2023.
60f.: il.

Orientador: Sady Júnior Martins da Costa de Menezes.
Monografia (bacharelado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, Gestão Ambiental, 2020.
Bibliografia: f. 56-60.

1.Map Biomas – Google Earth Engine – Mudanças na Paisagem – Monografia . 2. Gestão Ambiental. I. Ferreira, Henrique V. C. C. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. II.
Análise dos Diferente Tipos de Cobertura e Uso da Terra na Reserva Biológica Estadual de Araras e Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida – Petrópolis/RJ

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

ANÁLISE DOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA E USO DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DE ARARAS E MONUMENTO NATURAL ESTADUAL DA SERRA DA MARIA COMPRIDA

Henrique Vieira de Castro Carlos Ferreira

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 30/11/2023

Banca examinadora:

_____
Prof. Orientador Dr. Sady Júnior Martins da Costa de Menezes

_____
Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida

_____
Prof. Dr. Getúlio Fonseca Domingues

TRÊS RIOS - RJ
NOVEMBRO – 2023

Dedicatória

"Dedico esta obra em homenagem aos meus pais, que me concederam todo o apoio necessário durante minha graduação. Ao curso de Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto Três Rios. Aos profissionais da Reserva Biológica de Araras e a todos os demais que dedicam suas vidas à conservação da Mata Atlântica."

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus, que esteve comigo em todos os momentos dessa minha caminhada.

Agradeço aos meus pais, Ricardo e Daniella, pois sempre me encorajaram e estiveram prontos para me apoiar e fortalecer. Ao meu pai, por sempre insistir para que eu descansasse ao me ver trancado no quarto o dia todo. E à minha mãe, por cada lanche trazido em momentos em que eu não podia parar de escrever.

Agradeço à minha família, tios, tias, primos e avós, os quais sempre estiveram comigo, encorajando-me em minha jornada acadêmica como graduando.

Agradeço à minha namorada e cúmplice, Larícia, que não hesitou em me ajudar em cada momento de insegurança e nervosismo, por respeitar e compreender as minhas limitações, auxiliando-me a superá-las. Agradeço também pelos puxões de orelha, que contribuíram para a finalização da minha monografia.

Agradeço aos meus amigos, em especial aos que dividiram todos os momentos comigo na cidade de Três Rios. Amigos da 2020.1 e Amigos do CoLiving.

Agradeço aos meus professores, que mesmo de passagem na minha vida, me enriqueceram profundamente como pessoa.

Agradeço à minha orientadora de Iniciação Científica, Patrícia Duffles, por ter me introduzido ao mundo do Geoprocessamento na minha primeira IC e por conceder-me a oportunidade de ser aluno bolsista durante boa parte da minha graduação.

Ao coordenador de curso, Fábio Cardoso, agradeço por cada auxílio que me foi dado durante todo o processo de graduação.

Agradeço aos profissionais da Reserva Biológica Estadual de Araras, que me acolheram como voluntário.

Ao meu orientador, Professor Sady Júnior Martins da Costa de Menezes, agradeço pelo suporte, pelas suas correções e incentivos, e principalmente por abraçar o meu tema.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

Epígrafe

“Trate a terra e todos os seus aspectos como sua mãe. Demonstre profundo respeito pelo mundo mineral, o mundo vegetal e o mundo animal. Não faça nada para poluir nossa mãe. Levante-se com sabedoria para defendê-la.”

- Código de Ética Tradicional dos Nativos Americanos

RESUMO

O desmatamento para expansão e implantação de atividades agropecuárias, o avanço da urbanização e a especulação imobiliária emergem como os principais impulsionadores das mudanças espaço-temporais no uso e cobertura da terra no bioma Mata Atlântica. Essas práticas ligadas ao uso da terra têm transformado paisagens naturais em ambientes antropizados. Compreender essa dinâmica por meio de técnicas avançadas de geoprocessamento e sensoriamento remoto é essencial, destacando-se como uma ferramenta de suma importância para a análise espacial dessas transformações. Os dados obtidos são cruciais para aprimorar a gestão territorial das unidades de conservação e respaldar estratégias preventivas e de reconhecimento. O objetivo deste estudo foi analisar e compilar dados de Cobertura e Uso da Terra da plataforma MapBiomas (Coleção 8) ao longo da série histórica (1985-2022) nos Territórios das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Reserva Biológica Estadual de Araras e Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida no município de Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil. Na metodologia, foram utilizados softwares de Sistema de Informação Geográfica, com os dados importados e análises conduzidas por meio de *Plugins* de Código Aberto no QGIS. Posteriormente, foram realizadas análises utilizando o *LecoS* para cálculos de área e porcentagem da paisagem, e o *SCP* para avaliar a evolução do Uso da Terra e suas mudanças temporais nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022. Os principais resultados para a RBA mostram que, ao longo de 37 anos, aproximadamente 71 hectares (ha) de formação florestal foram convertidos para classes antrópicas, enquanto 120 ha passaram por regeneração vegetal, e 3.570 ha permaneceram inalterados, sendo o maior índice de desmatamento na porção oeste. Na sua zona de amortecimento, 4.426 ha permaneceram inalterados, 178 ha de formação florestal foram desmatados, e 589 ha passaram por regeneração. No território do MONAMSC, 6.502 ha permaneceram inalterados, 292 ha foram desmatados, e houve uma regeneração da vegetação de 628 ha. Para a zona de amortecimento gerada para o MONAMSC, 10.898 ha permaneceram inalterados, 640 ha de floresta foram convertidos para classes antrópicas, e 1.959 ha passaram por regeneração vegetal. Em conclusão, os resultados podem apoiar estratégias de gestão preventivas para identificar e reduzir a ocorrência dos desmatamentos que ocorrem nas Unidades de Conservação. Os resultados mostraram quais são a espacialização das áreas desmatadas, sua extensão e proporção, bem como se estão inseridas em propriedades cadastradas no CAR, identificando um possível avanço destas áreas.

Palavras-chave: Google Earth Engine, MapBiomas, Mudanças na Paisagem.

ABSTRACT

Deforestation for the expansion and implementation of agricultural activities, urbanization, and real estate speculation emerge as the main drivers of spatiotemporal changes in land use and land cover in the Atlantic Forest biome. These land-use practices have transformed natural landscapes into anthropized environments. Understanding this dynamic through advanced geoprocessing and remote sensing techniques is essential, standing out as a crucial tool for spatial analysis of these transformations. The data obtained are crucial to enhance the territorial management of fully protected conservation units and support preventive and recognition strategies. The aim of this study was to analyse and compile Land Cover and Land Use data from the MapBiomas platform (Collection 8) over the historical series (1985-2022) in the Territories of Full Protection Conservation Units 'Araras Biological Reserve' and 'State Natural Monumento f Serra da Maria Comprida' in the municipality of Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil. In the methodology, Geographic Information System software was used, with imported data and analyses conducted through Open Source Plugins in QGIS. Subsequently, analyses were performed using LecoS (Landscape Ecology Statistics) for area and landscape percentage calculations, and SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) to assess the evolution of Land Use and its temporal changes in the years 1985, 1995, 2005, 2015 and 2022. The main results for RBA show that over 37 years, approximately 71 hectare (ha) of forest formation were converted to anthropic classes, while 120 ha underwent vegetative regeneration, and 3,570 ha remained unchanged, with the highest deforestation index in the western portion. In its buffer zone, 4,426 ha remained unchanged, 178 ha of forest formation were deforested, and 589 ha underwent regeneration. In the territory of MONAMSC, 6,502 ha remained unchanged, 292 ha were deforested, and there was vegetation regeneration of 628 ha. For the buffer zone generated for MONAMSC, 10,898 ha remained unchanged, 640 ha of forest were converted to anthropic classes, and 1,959 ha underwent vegetative regeneration. In conclusion, the results can support preventive management strategies to identify and reduce the occurrence of deforestation in Conservation Units. The results have shown the spatial distribution of deforested areas, their extent and proportion, as well as whether they are located within properties registered in the Rural Environmental Registry (CAR), indicating a potential expansion of these areas.

Keywords: Google Earth Engine, MapBiomas, Landscape Changes.

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SÍMBOLOS

CA – *Class Area*

CAR – Cadastro Ambiental Rural

GEE – *Google Earth Engine*

Ha - Hectare

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

LecoS – *Landscape Ecology Statistics*

Mha – Milhões de ha

Mona – Monumento Natural

MONAMSC – Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida

PLAND – *Percentage of Landscape*

RBA – Reserva Biológica Estadual de Araras

Rebio – Reserva Biológica

SCP – *Semi Automatic Classification Plugin*

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

ZAs – Zonas de Amortecimento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de Estudo, município de Petrópolis, Rio de Janeiro (Brasil).....23

Figura 2. Construção irregular na Área do MONAMSC.....24

Figura 3. Cachoeira na vertente norte da Rebio Araras.....25

Figura 4. Vista para a Pedra da Índia, Rebio Araras 26

Figura 5. Unidade de Conservação (Reserva Biológica Estadual de Araras), Petrópolis/RJ.....26

Figura 6. Unidade de Conservação (MONAMSC), Petrópolis/RJ.....28

Figura 7. Rabo-de-Galo (*Worsleya procera*).....29

Figura 8. Vista da Rebio Araras para a Serra da Maria Comprida.....29

Figura 9. Pastoreio de Equino sobre espécies da flora ameaçada na área do MONAMSC.....30

Figura 10. Fluxo de Trabalho para criação, análise e tratamento de dados.....31

Figura 11. Continuação do Fluxo de Trabalho para criação, análise e tratamento de dados.....32

Figura 12. Toolkit de Cobertura e Uso da Terra.....32

Figura 13. Interface do Script gerado no Google Earth Engine.....34

Figura 14. Interface do Plugin Lecos.....36

Figura 15. Dinâmica Multitemporal (1985-2022) de Cobertura e Uso da Terra, RBA.....38

Figura 16. Métrica PLAND, RBA.....39

Figura 17. Porção Oeste da Reserva Biológica Estadual de Araras.....41

Figura 18. Mudanças Temporais do Uso da Terra, RBA.....41

Figura 19. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, Zona de Amortecimento, RBA.....43

Figura 20. Métrica PLAND, ZA, RBA.....44

Figura 21. Mudanças Temporais do Uso da Terra, ZA, RBA.....46

Figura 22. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, MONAMSC.....48

Figura 23. Métrica PLAND, MONAMSC.....49

Figura 24. Mudanças Temporais de Uso da Terra, MONAMSC.....50

Figura 25. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, Zona de Amortecimento, MONAMSC.....51

Figura 26. Métrica PLAND, ZA, MONAMSC.....52

Figura 27. Mudanças Temporais de Uso da Terra, ZA, MONAMSC.....54

LISTA DE TABELAS

Tabela1. Exemplo de Alterações nas classes obtidas através do SCP.....37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo Histórico da RBA.....27

Quadro 2. Descrição das Legendas 35

Quadro 3. Lista de Métricas da Paisagem utilizadas no estudo.....36

Quadro 4. Rotulagem das alterações nas classes.....38

Sumário

1. INTRODUÇÃO 15
1.1 OBJETIVO GERAL 18
1.1.1 Objetivos Específicos 18
2. REFERENCIAL TEÓRICO 19
2.1 ASPECTOS LEGAIS REFENTES AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO 19
2.2. TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO 20
2.3. GOOGLE EARTH ENGINE E A INICIATIVA MAPBIOMAS 20
2.4. O CONCEITO DE PAISAGEM E SUA DINÂMICA 21
2.4.1. Ecologia e Métricas de Paisagem 21
3. MATERIAS E MÉTODOS 23
3.1. ÁREA DE ESTUDO 23
3.1.1. Reserva Biológica Estadual de Araras 24
3.1.1.1. Histórico da Reserva Biológica Estadual de Araras 26
3.1.2. Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida 27
3.2. METODOLOGIA DA ANÁLISE 31
3.2.1. Base de Dados vetoriais (*shape files* - *shp*) 32
3.2.2. Obtenção dos dados de Cobertura e Uso da Terra 33
3.2.3 Métricas de Paisagem 35
3.2.4. Mudanças do Uso da Terra usando o SCP – *Semi Automatic Classification Plugin* 36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 38
4.1. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA DE ARARAS 38
4.2. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RBA 42
4.3. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL DA SERRA DA MARIA COMPRIDA 46
4.4. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DO MONAMSC 50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 54
6. REFERÊNCIAS 56

1. INTRODUÇÃO

A Ciência Geográfica ao longo do tempo, serviu como instrumento que auxiliou na compreensão das transformações no campo científico relacionadas às dinâmicas da Terra, ordenamento territorial e das transformações ambientais na paisagem. Com isso, o estudo do uso da terra e da paisagem ganharam relevância em ambientes acadêmicos, contribuindo a partir do pensamento geográfico nos âmbitos espaciais, técnicos-científicos e socioambientais (IBGE 2013).

Conforme afirmado por Santos (2003), considera-se o espaço como alicerce das atividades antrópicas para com o desenvolvimento socioeconômico, sendo assim, é de suma importância que os gestores públicos avaliem e orientem o ordenamento territorial em determinada localidade, mantendo o equilíbrio entre os aspectos físicos-naturais e antrópicos. Portanto, a lei nº 6.766 de 1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano surge com o intuito regulamentar o parcelamento de uso e ocupação da terra (Brasil 1979).

Miceli *et al*. (2015), Dutra *et al*. (2020), afirmam que as relações entre sociedade e natureza tem servido como base de diversos estudos atuais, sendo a avaliação da dinâmica da paisagem uma forma de demonstrar como ocorrem as mudanças de diversos componentes físicos-naturais ao longo do tempo e em um determinado território. Tais mudanças variam de acordo com a ocupação da superfície e do crescimento populacional, que pode configurar o avanço da população para áreas ainda não ocupadas.

Em vista disso, a dinâmica de cobertura e uso/ocupação da terra envolve questões naturais e antrópicas, considerando que o uso da terra se relaciona aos processos antrópicos, enquanto a ocupação considera os aspectos físicos naturais do ambiente (Bertrand, 2004, Rodrigues *et al*. 2022). Isto posto, a sociedade depende da terra, transformando-a em seu espaço vital, afetando os mais diversos processos naturais, incluindo o ciclo do carbono, o ciclo hidrogeológico e a diversidade de espécies (Song *et al*. 2018).

Atividades associadas ao uso da terra têm convertido paisagens naturais em paisagens antropizadas, alterando suas formas de manejo (Foley *et al*. 2005). Dessa forma, o monitoramento da cobertura da terra se caracteriza como ferramenta de suma importância na avaliação das alterações temporais da superfície terrestre (Turner *et al*. 2007, Song *et al*. 2018).

O desflorestamento para expansão e implementação de atividades agropecuárias, o avanço desordenado da urbanização e a especulação imobiliária, são os principais propulsores

das mudanças espaço-temporais de uso e cobertura do terreno nos biomas brasileiros, em especial o domínio da Mata Atlântica, que cobre 13% do território, com área de cobertura de 111 milhões de ha (Mha), compreende-se como o bioma mais ameaçado em relação a fragmentação e as alterações de cobertura e uso do terreno (Souza *et al*. 2020). As mudanças na composição da superfície e ecossistemas terrestres, assim como os seus desdobramentos no ponto de vista das alterações da qualidade ambiental, são um dos principais desafios para a Gestão Ambiental (Turner *et al*. 2007).

No ponto de vista histórico do Brasil, o processo de ordenamento territorial se deu de maneira desordenada, avançando para áreas de preservação em zonas urbanas, assim como em áreas de risco (Júnior & Zaidan 2016). Logo, o conhecimento sobre a cobertura e uso da terra ganha relevância no contexto brasileiro, haja vista a necessidade de conciliar o desenvolvimento e a sustentabilidade (IBGE 2013).

Desse modo, quando se realiza um levantamento da Cobertura e do Uso da Terra, é observado a distribuição geográfica dos tipos de uso, com isso, podemos entender a dinâmica do seu uso e cobertura (IBGE 2013). A espacialização desse tipo de levantamento mostra-se eficaz para políticas públicas de planejamento, gestão sustentável dos recursos naturais e orientação à tomada de decisão, principalmente em unidades de conservação (Zaidan 2002, Souza *et al*. 2020). Tal afirmativa é corroborada por Santos; Sousa e Silva Neto (2011).

> A análise do uso e ocupação do solo, mediante informações colhidas através de novas tecnologias de informação e de tratamento de dados espaciais digitais, demonstra a grande utilidade do Geoprocessamento e suas ferramentas no planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico. Essas novas tecnologias ganham importância cada vez maior, pois propicia conhecer melhor o espaço e a sociedade que o produz e mais refinadamente espacializar a relação entre os dois, como subsídio a tomada de decisão (Santos *et al*. 2011, p. 4526).

Isto posto, a crescente demanda por recursos naturais tem aumentado a pressão sobre ecossistemas nativos, ampliando a dificuldade em conservar a natureza (Costa *et al*. 2013, Souza *et al*. 2020).

> Desta forma, torna-se importante a existência de áreas protegidas destinadas à proteção dos recursos naturais e da biodiversidade em geral. A existência de leis assegura a normatização necessária para que essas áreas sejam manejadas adequadamente, de modo a ampliar o efeito protetivo almejado. Esta estrutura legal, que inclui disposições e recomendações técnicas e científicas, é fundamental para a gestão das áreas protegidas (Costa et al. 2013, p. 58).

Faustino *et al*. (2014), Arraz *et al*. (2022), salientam que o uso de dados obtidos a partir de técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento são essenciais para

pesquisas sobre mudanças nas atividades humanas relacionadas à cobertura do solo e ocupação do território. Nesse contexto, é possível realizar diversas análises ambientais com base nesses dados, especialmente na área da ecologia de paisagens. Essas análises ajudam a verificar as alterações nas classes que compõem a paisagem, proporcionando um melhor entendimento das dinâmicas e mudanças que ocorrem no espaço geográfico (Faustino *et al*. 2014).

Em decorrência dos processos de uso do solo desordenados e danosos, urge a necessidade da realização de análises de paisagem, a quais se mostram eficazes para com o entendimento das dinâmicas geoambientais que ocorrem dentro das Unidades de Conservação da Natureza. Pensando nesse contexto, o presente trabalho objetiva então contribuir com informações acerca de duas Unidades de Conservação de Proteção Integral, administradas pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, através do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A escolha da área de estudo torna-se fundamental, pois está inserida no Bioma da Mata Atlântica, uma região que se encontra ameaçada pela ocupação humana, considerando os processos de especulação imobiliária e do uso e cobertura da terra que assolam Petrópolis, em especial nas cidades, bairros, distritos e subdistritos que se inserem nas zonas de amortecimento das respectivas UC's. Além disso, as duas Unidades de Conservação possuem áreas prioritárias para restauração (Seas/Inea 2018). Outrossim, estas áreas específicas são carentes de estudos aprofundados sobre a temática, o que serve como estímulo para o desenvolvimento desta pesquisa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise multitemporal (1985-2022) dos diferentes tipos de cobertura e uso da terra a partir de dados da coleção 8 do *MapBiomas*. Os dados obtidos terão como objeto de estudo os territórios das UCs de Proteção Integral Reserva Biológica Estadual de Araras (RBA) e Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida (MONAMSC).

1.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar e Compilar dados de Cobertura e Uso da Terra da plataforma MapBiomas (1985-2022);
- Organizar os dados contemplando os anos de: 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 para os limites da RBA e do MONAMSC e suas respectivas zonas de amortecimento de maneira isolada;
- Aplicar conceitos básicos e métricas de ecologia de paisagem a partir do Plugin *LecoS* (*Landscape Ecology Statistics*) para cada ano e área proposta;
- Comparar as Mudanças Temporais da Cobertura e Uso da Terra através do Plugin *SCP* (*Semi Automatic Classification Plugin*)
- Avaliar/Gerar informações para as unidades de conservação supracitadas no que tange as mudanças temporais de cobertura e uso da terra;

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS LEGAIS REFENTES AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Entende-se como Unidade de Conservação (UC) , segundo a Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em seu artigo 2º, inciso primeiro.

> Unidade de conservação: 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 (Brasil 2000, art. 2).

Instituído o SNUC, cria-se um conjunto de áreas protegidas que são divididas em dois grupos distintos: unidades de conservação de proteção integral e unidades de conservação de uso sustentável. As unidades de Proteção Integral, tem como objetivo, segundo o SNUC, preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso de forma indireta dos recursos naturais.

No presente estudo, ambas as unidades de conservação estão inseridas no mesmo grupo de proteção, mas possuem características específicas. No caso da Reserva Biológica, segundo a lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu artigo 10°.

> A Reserva Biológica 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 (Brasil 2000, art.10).

Em Monumentos Naturais, o seu objetivo básico é de preservar sítios naturais raros, singulares e de grande beleza cênica (Brasil 2000).

Quando sistematizado, as unidades de conservação requerem a elaboração de um documento técnico que atua na planificação de estratégias de conservação de acordo com sua categoria de proteção, denominado como Plano de Manejo (Brasil 2000).

Visando reduzir os impactos sobre as áreas protegidas, e diminuir o efeito de borda mediante pressão antrópica, foram propostas as Zonas de Amortecimento (ZAs). O SNUC, conceitua essas áreas como o entorno das unidades de conservação onde as atividades humanas estão sujeitas a restrições e normatizações específicas (Brasil 2000).

2.2. TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

O sensoriamento remoto abrange um conjunto de técnicas para coleta, processamento e análise de dados da superfície terrestre, que contribuem para caracterizar padrões espaciais (Carvalho *et al*. 1990). Segundo Zaidan (2017), o geoprocessamento pode ser considerado como um conjunto de técnicas e metodologias práticas-teóricas que tem como base a coleta, aplicação, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar produtos diversos.

O geoprocessamento e sensoriamento remoto representam ferramentas de grande valia para diagnosticar e gerar produtos digitais básicos voltados para a aplicação nas situações ambientais das Unidades de Conservação (Zaidan 2002). Com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), atributos e variáveis levantados através de metadados podem caracterizar a área a ser estudada, a partir da interpretação e tratamento dos dados, considerando as mais diversas análises espaciais (Miceli *et al*. 2015, Zaidan & Pechincha 2016). Um Sistema de Informação Geográfica é uma ferramenta que congrega as capacidades do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento, ou seja, não se trata de apenas um *software*, e sim um sistema de armazenamento e manipulação de diversos dados cartográficos (Burrough & McDonnell 1998, *apud* Zaidan 2017).

2.3.GOOGLE EARTH ENGINE E A INICIATIVA MAPBIOMAS

No cenário das Geotecnologias e do Sensoriamento remoto, o *Google Earth Engine* (*GEE*) (Gorelick *et al*. 2017), é uma plataforma de processamento em nuvem (*cloud-based platform*) que atua como uma ferramenta de processamento em larga escala de dados e metadados, códigos abertos e imagens de satélites diversos de forma gratuita. De acordo com a definição de Zaidan (2017), a geotecnologia compreende como o conjunto de tecnologias aplicadas à coleta, processamento, análise, interpretação e representação de dados geoespaciais. Nesse sentido, a plataforma do *GEE* está inserida neste ramo, possuindo um catálogo de dados pré-processados, representando um grande repositório de conjuntos de dados geoespaciais publicamente disponíveis (Gorelick *et al*. 2017).

O projeto MapBiomas, utiliza e é baseado na tecnologia *Google Earth Engine*, que contempla o processamento de imagens em nuvem e o armazenamento de dados através do *cloud storage*, e a partir do desenvolvimento de códigos na linguagem de programação

JavaScript com aplicação do algoritmo *Random Forest* para classificação de uso e cobertura do solo (MapBiomas 2022).

O sistema *Random Forest* é baseado em aprendizado de máquina (*Machine Learning*), utilizada para classificação digital de cobertura e uso da terra em imagens de satélite. As máquinas passam por um processo de "treinamento" com amostras dos alvos a serem classificados, as quais são obtidas por meio de mapas de referência, geração de mapas de classes estáveis das séries anteriores do MapBiomas e por coleta direta através da interpretação visual das imagens do satélite *Landsat* (MapBiomas 2022).

O projeto disponibiliza dados da série histórica de 37 anos (1985-2022) da cobertura e uso da terra com resolução de 30 metros, que podem ser baixados e tratados em um SIG (MapBiomas 2022).

2.4. O CONCEITO DE PAISAGEM E SUA DINÂMICA

Metzger (2001), evidencia que no ponto de vista geográfico-científico, o primeiro pesquisador a introduzir o termo "paisagem", foi Alexander von Humboldt, com o intuito de descrever determinada região terrestre a partir das suas características. Apoiado no conceito adotado pela geografia física, a paisagem engloba, em sua terminologia, uma combinação de elementos físicos, antrópicos e biológicos, resultando em sua dinâmica. A partir dos seus desdobramentos e dos elementos que a compõe, reagem uns sobre os outros, fazendo da paisagem um conjunto singular e inseparável, e continuamente em evolução (Bertrand, 2004, Martins *et al*. 2004, Rodriguez *et al*. 2022). Para Rodriguez (2010), as mudanças dinâmicas nas paisagens são caracterizadas pela regularidade e reversibilidade, resultantes dos processos que ocorrem internamente e das partes da auto-regulação.

2.4.1. Ecologia e Métricas de Paisagem

O termo "ecologia de paisagens" foi cunhado pelo biogeógrafo Carl Troll (1971). Nesse contexto, para Metzger (2001), há dois enfoques de Ecologia de Paisagens, o geográfico e o ecológico. O primeiro foca em questões relacionadas às paisagens naturais, práticas conservacionistas e análises espaciais, enquanto o segundo aborda a gestão do território (Metzger 2001, Ritter & Moro 2012). Dessa forma, diagnósticos e estudos realizados a partir das métricas da ecologia de paisagens, demonstram eficácia no ordenamento territorial e

ambiental e na gestão de unidades de conservação no bioma mata atlântica, conforme trabalho de Silva *et al*. (2015).

Os conceitos de Ecologia de Paisagem podem auxiliar no entendimento da dinâmica de uso e cobertura da terra através das métricas formuladas por McGarigal & Marks (1995), assumindo amplo espaço no meio científico. Há também, uma ferramenta de livre acesso capaz de calcular, de forma automatizada, a partir de linguagem *python*, uma variedade de métricas de paisagens, o *plugin LecoS* (Jung 2016), que foi utilizado neste trabalho. Segundo Jung (2016), as métricas disponíveis no *LecoS*, e suas fórmulas, são baseadas integralmente no *FRAGSTATS* (McGarigal & Marks 1995). Dessa forma, a distinção fundamental entre o *LecoS* e o *FRAGSTATS* reside no fato de que o LecoS é um plugin integrado ao *QGIS*, proporcionando uma abordagem direta dentro do ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Em contraste, o *FRAGSTATS* é um software que existe em duas versões: uma que realiza análises fora de um SIG, e outra vinculada a um SIG pago, o *ArcGIS*. Essa diferenciação destaca o *LecoS* como uma alternativa viável para estudos em ecologia de paisagens.

Esta análise possibilita o estudo dos processos ecológicos que ocorrem na paisagem em diferentes escalas espaço-temporais (Turner 1987, p.32, *apud* Gamarra *et al*. 2016). A quantificação e identificação das estruturas de paisagem se tornam uma ferramenta importante nas análises de paisagem. Dessa forma, as métricas básicas e avançadas podem ter como origem determinado conjunto de dados que tangem o uso e cobertura e que podem ser classificados em e um SIG, a partir da extração das informações de um *raster* (Saito *et al*. 2015, Jung 2016).

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em duas Unidades de Conservação (UC's) de Proteção Integral, a "Reserva Biológica Estadual de Araras (RBA) e o "Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida" (MONASMC), localizadas no estado do Rio de Janeiro – Brasil (Figura 1). A RBA integra o município de Petrópolis-RJ e uma pequena porção do município de Miguel Pereira-RJ, sendo certo, ainda, que o MONASMC integra apenas o município de Petrópolis - RJ.

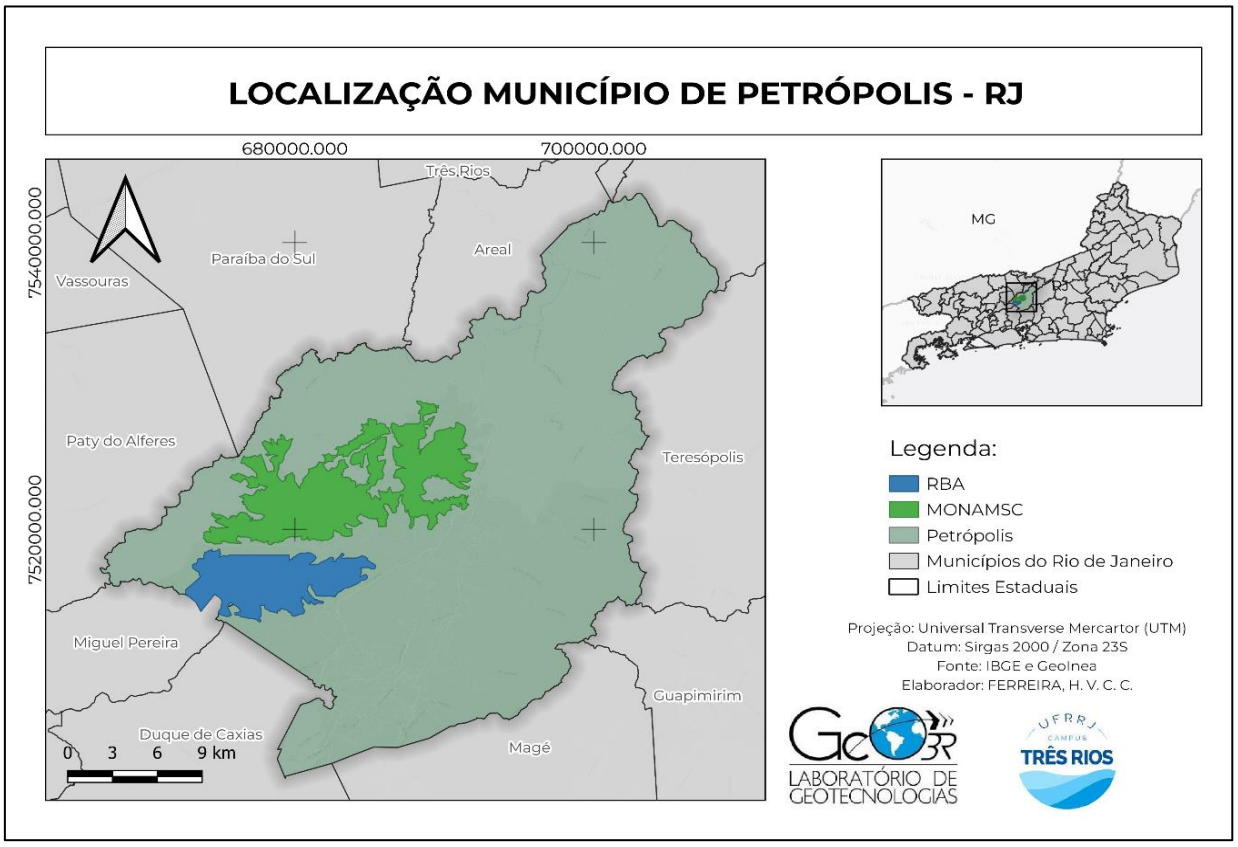

Figura 1. Área de Estudo, município de Petrópolis - RJ e Unidades de Conservação.

Em decorrência do relevo fortemente ondulado da região, as encostas são suscetíveis a movimentos de massa, em especial escorregamentos (Inea 2021), por tal motivo, recomenda-se atenção aos processos de uso e ocupação antrópica, desmatamento e localização de culturas agrárias (Dantas *et al*. 2000, Inea 2021). Por mais que a área esteja classificada como de proteção integral, em monumentos naturais é permitida a atividade agropecuária,

diferentemente das Reservas Biológicas, que são de restrito acesso, sendo permitido apenas atividades voltadas para educação ambiental e pesquisa científica (Brasil 2000), o qual indica que seu potencial alvo de degradação está inserido nas zonas de amortecimento. Por outro lado, umas das áreas objeto de estudo, o MONAMSC, têm imóveis cadastrados no Cadrasto Ambiental Rural (CAR), segundo o Inea (2021).

Segundo a Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu artigo 12º, paragrafo primeiro.

> O Monumento Natural pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários (Brasil, 2000, Art 12°, § 1º).

Na figura 2, é possível observar uma construção irregular em área de mata, indicando processo irregular de ocupação e desmatamento.

Figura 2. Construção irregular na Área do MONAMSC. Fonte: Felipe Tubarão[1]

3.1.1. Reserva Biológica Estadual de Araras

Regulamentada pela Resolução nº 59, de 07 de julho de 1977, com 2.068,45 ha, a RBA teve sua criação ratificada e sua área ampliada para 3.837,81 ha, pelo Decreto 42.343, de 10 de março de 2010 (Inea 2010). Segundo o INEA (2010), o grande maciço florestal da RBA (Figura 5) está localizada em uma região estratégica para conservação, integrando o Programa de Áreas

[1] Foto tirada por Felipe Tubarão, Guarda-Parque da Reserva Biológica de Araras.

Prioritárias para Conservação, do Ministério do Meio Ambiente.

Segundo o Decreto N° 43.488, de 28 de fevereiro de 2012, artigo 3°, incisos primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto. A Reserva Biológica Estadual de Araras tem como objetivo.

> I - assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica presentes no chamado Corredor da Serra do Mar, no âmbito do Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense; II - ampliar o potencial de conservação da Região Serrana fluminense, assegurando a perpetuidade dos benefícios ambientais relacionados à diversidade biológica; III - manter populações de animais e plantas nativas e oferecer refúgio para espécies raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativas; IV - preservar montanhas, rios e demais paisagens notáveis contidas em seus limites; e V - assegurar a continuidade dos serviços ambientais (Rio de Janeiro, 2012, art. 3).

A UC faz parte do Mosaico Florestal de Unidades de Conservação Fluminense do Estado, contendo em seu entorno outras UCs de diferentes categorias de proteção. Dessa forma, a RBA desempenha um papel de suma importância para com a garantia da conservação do trecho do Corredor da Serra do Mar, assim como do mosaico do domínio de mata atlântica central fluminense, propiciando e garantindo inúmeros serviços ecossistêmicos, a partir de valores geoambientais (Lino *et al*. 2007, Inea 2010) (Figura 3 e 4).

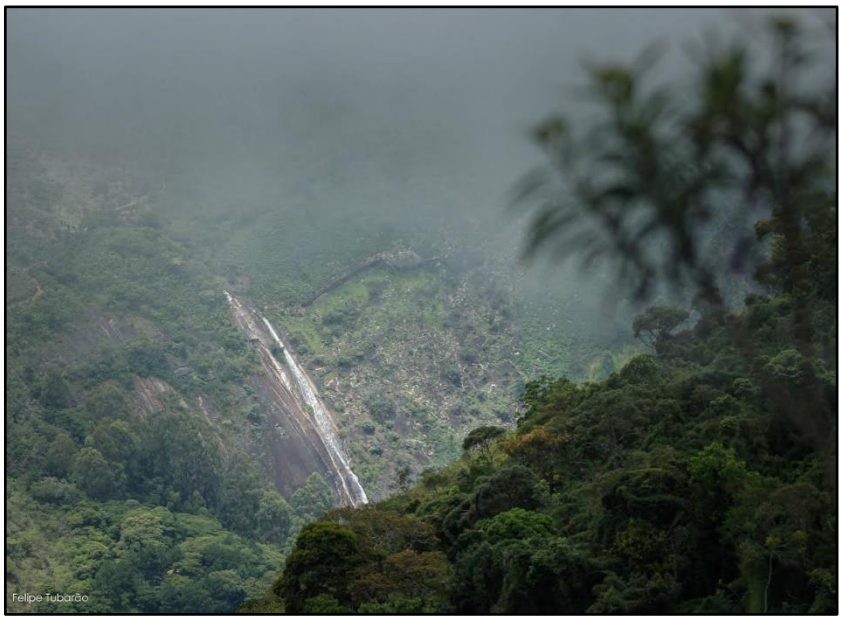

Figura 3. Cachoeira na vertente norte da Rebio Araras. Fonte: Felipe Tubarão.

Figura 4. Vista para a Pedra da Índia, Rebio Araras. Fonte: Felipe Tubarão.

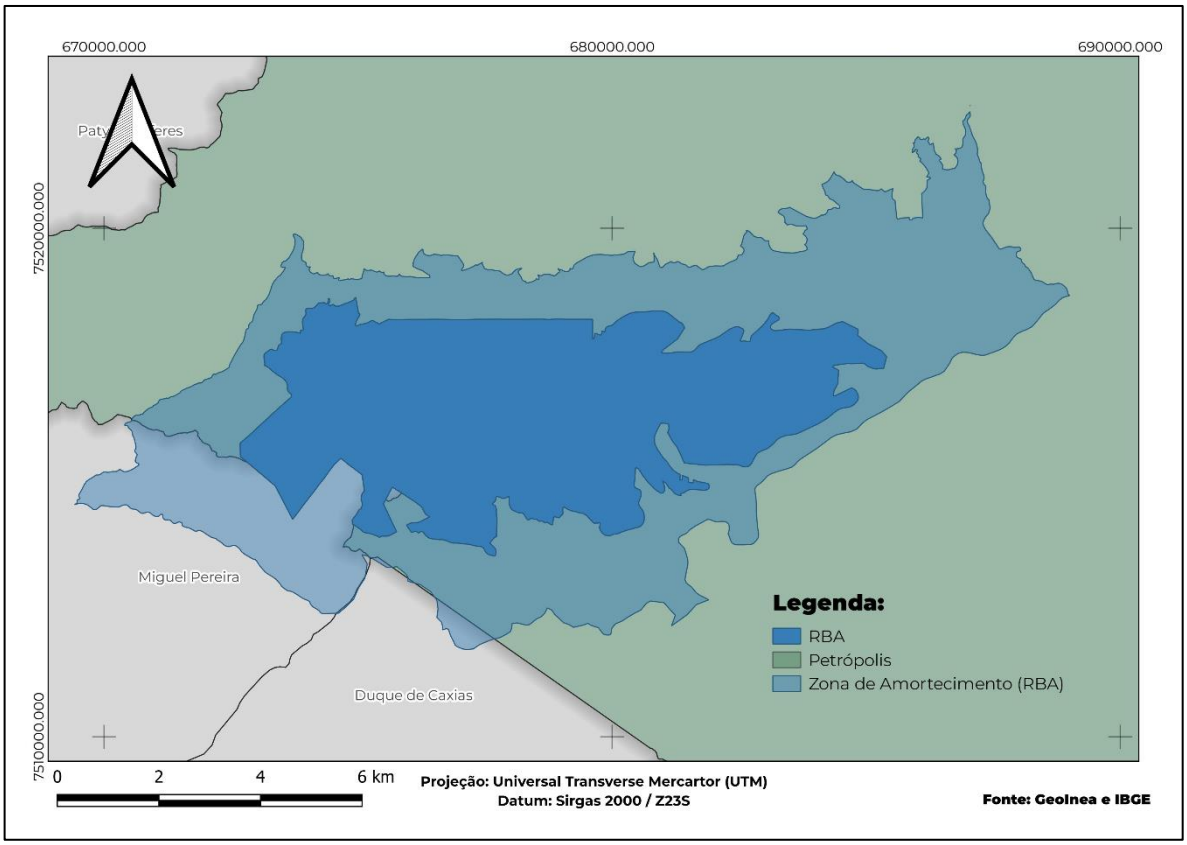

Figura 5. Unidade de Conservação (Reserva Biológica Estadual de Araras), Petrópolis/RJ.

3.1.1.1. Histórico da Reserva Biológica Estadual de Araras

O Território hoje pertencente à Reserva Biológica Estadual de Araras, ao longo do tempo, passou por alterações referentes ao seu uso. Segundo o INEA (2010), a planta que estabeleceu a delimitação inicial da área foi desenvolvida em 18 de novembro de 1916, sob a designação de 'Planta e Projeto de Divisão em Lotes de Terras' e que, posteriormente, tornou-se domínio do Estado, sob posse da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio. A partir da década de 50, em virtude da importância da região e da necessidade de sua proteção, foi designada, por meio de decreto, como 'Floresta Protetora'. Subsequentemente, por meio de mais um decreto, a área passa a ser um Horto Florestal e Frutícola. Portanto, em razão da área já estar sujeita a várias normas de proteção ambiental, suas categorias de proteção evoluíram. Originalmente regulamentada por uma Resolução de 1977, a reserva teve sua criação ratificada e sua área ampliada pelo Decreto 42.343, de 10 de março de 2010.

Quadro 1. Resumo Histórico RBA

Ano	Descrição do Histórico
1916	Delimitação da antiga Fazenda Araras, projeto de divisão e loteamento de terras
1949	A "Fazenda Araras" passa a ser posse da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado do Rio de Janeiro
1950	Decreto declara a terra como "Floresta Protetora"
1952	Decreto cria o Horto Florestal e Frutícola de Araras no local em que está situada a antiga Floresta Protetora
1972	Horto Florestal e Frutícola de Araras passa a ser de domínio da Secretaria de Agricultura e Abastecimento
1976	Recomenda-se a criação do Parque Estadual de Araras e Reserva Biológica a partir de um parecer da Secretaria de Agricultura e Abastecimento
1977	Regulamentada pela Resolução nº 59, de 07 de julho de 1977, com 2.068,45 ha
2010	Ratificada e sua área ampliada para 3.837,81 ha, pelo Decreto 42.343, de 10 de março de 2010

Fonte: Adaptado (Plano de Manejo da Reserva Biológica Estadual de Araras, INEA, 2010).

3.1.2. Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida

O MONASMC (Figura 6), também localizada na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, está inserida entre os Distritos de Itaipava e Pedro do Rio, na Região Turística da Serra Verde Imperial, sendo cortada por estradas que apresentam fluxo constante de veículos (BR-040, RJ-123 e RJ-117). Com proximidade a Rebio Araras, sua vizinha a sul, de acordo com o estudo técnico de criação da unidade, ela está inserida parcialmente na zona de amortecimento da Rebio Araras e ainda não possui plano de manejo.

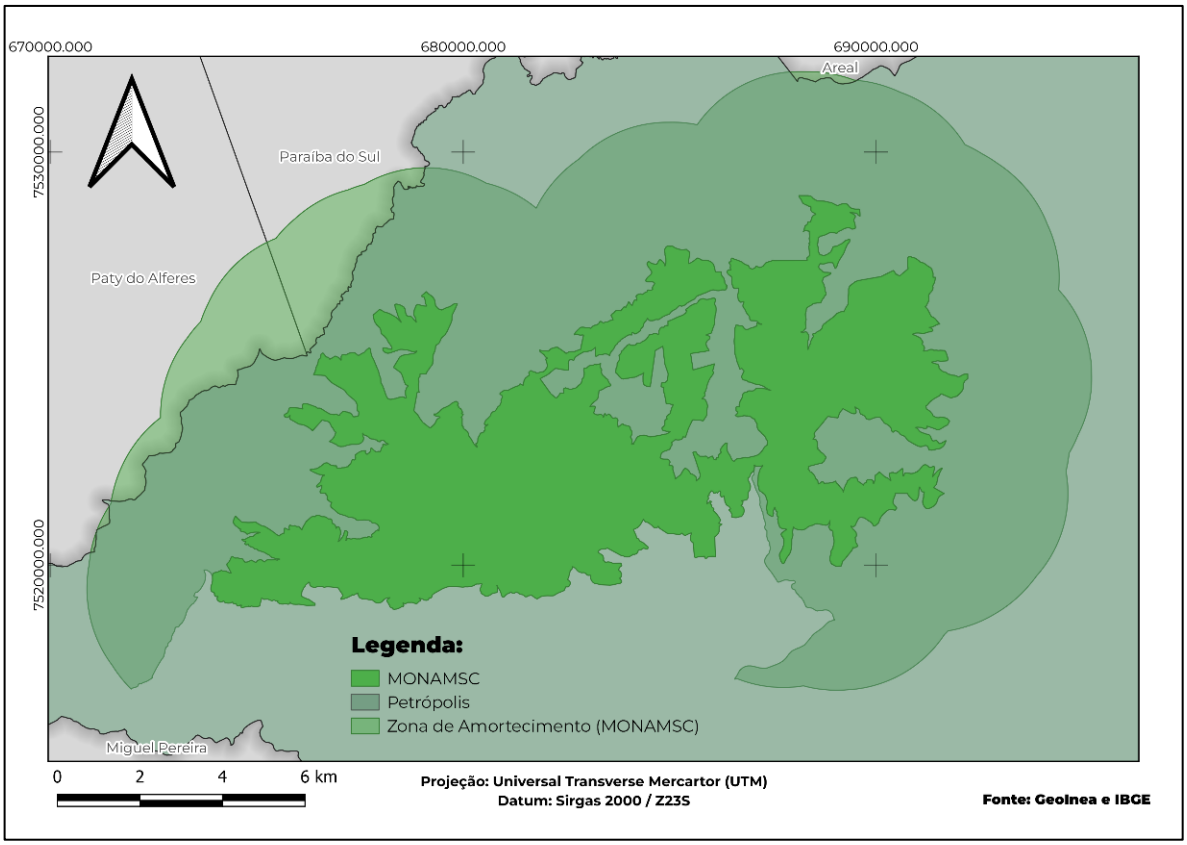

Figura 6. Unidade de Conservação (MONAMSC), Petrópolis/RJ.

O MONAMSC, foi recentemente homologada pela Lei Nº 9756, de 01 de julho de 2022, com área de 7.803,69. Discorre a referida lei:

> O MONASMC compreende uma porção da Serra das Araras, sendo composto por montanhas e picos com amplos afloramentos rochosos, escarpas alcantiladas, córregos e cachoeiras com águas límpidas, campos de altitude vegetação rupícola e remanescentes de Mata Atlântica, além de e áreas não edificantes. (Rio de Janeiro, 2022, Art. 2)

Segundo o Inea (2021), a unidade de conservação da natureza supracitada tem como objetivo preservar os remanescentes de vegetação da Mata Atlântica, a fitofisionomia dos campos de altitude, a vegetação associada aos afloramentos rochosos, assim como as espécies de flora e fauna nativas, sejam elas raras, endêmicas ou em perigo de extinção. Além disso, a unidade busca valorizar a beleza cênica das montanhas da região, assegurar a qualidade ambiental dos corpos hídricos, evidenciar os serviços ecossistêmicos para com a sociedade civil, incentivar o desenvolvimento sustentável da região, fortalecer o mosaico da Mata Atlântica Central, fortalecer os serviços de gestão territorial e garantir a utilização do solo de maneira racional e apropriada dentro da unidade de conservação, promovendo iniciativas para a conformidade ambiental das propriedades localizadas em seus limites e em seu entorno.

Conforme disposto no Projeto de Lei Nº 3209/2020, o artigo 5° estipula um prazo de três anos, contados a partir da publicação da lei mencionada anteriormente, para a elaboração do plano de manejo da unidade. Destaca-se que a zona de amortecimento será delimitada durante a após a conclusão e implementação desse plano.

Segundo o INEA (2021), o Mona Serra da Maria Comprida que se sobrepõe em parte pela APA Petrópolis, tem seu entorno, ao sul a Reserva Biológica Estadual de Araras, ao leste do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e ao nordeste o Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis, certificando sua importância no contexto da conservação florestal, possuindo valores geoambientais e no que tange a flora endêmica, que se encontra ameaçada (Figura 7, 8 e 9).

Figura 7. Rabo-de-Galo (*Worsleya procera*[2]). Fonte: Felipe Tubarão.

[2] Espécie endêmica das montanhas da Região do MONAMSC e criticamente em perigo de extinção. Popularmente conhecida como Rabo-de-Galo ou Flor-da-Imperatriz.

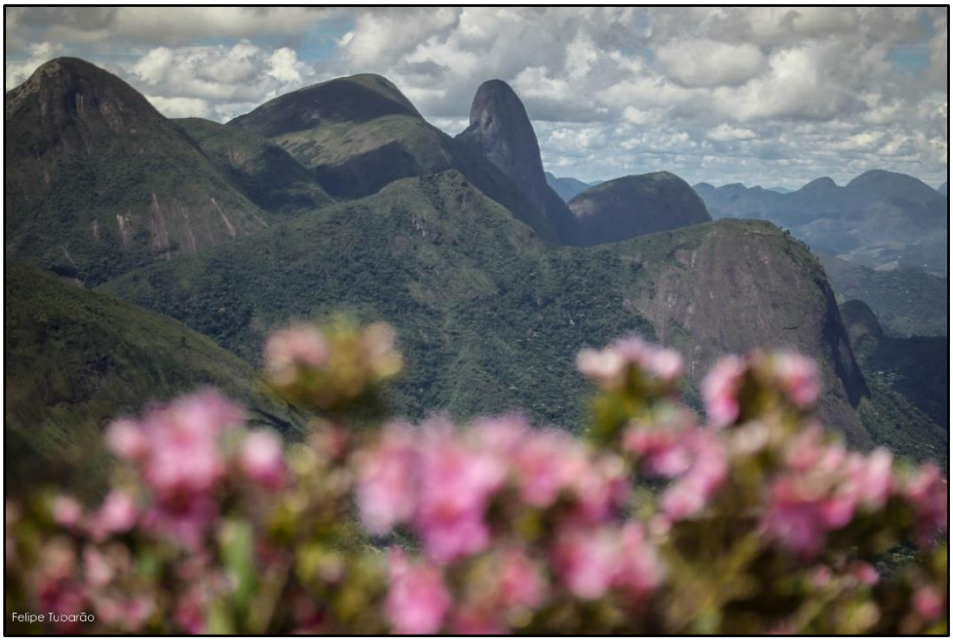

Figura 8. Vista da Rebio Araras para a Serra da Maria Comprida. Fonte: Felipe Tubarão.

Figura 9. Pastoreio de Equino sobre espécies da flora ameaçada na área do MONAMSC.

Em contrapartida, por ainda não possuir Plano de Manejo, não foi realizado o zoneamento ao que se refere a definição da sua Zona de Amortecimento, assim, a ZA aqui retratada foi definida a partir da aplicação de um *buffer* de 3 quilômetros (km) no entorno da

área núcleo, fazendo um recorte pela diferença em virtude da sobreposição parcial que existe em relação ao território do Mona e a ZA da Rebio Araras, já pré-estabelecida, totalizando 16.193,96 ha de zona de amortecimento. O *buffer* de 3 km foi adotado de acordo com o 'Estudo Técnico de Criação de Unidade de Conservação Estadual na Região da Serra da Maria Comprida Petrópolis/RJ' (INEA 2021). Algumas alterações foram feitas, uma vez que o estudo técnico considera os territórios da Zona de Amortecimento da Rebio Araras, resultando em uma extensão total de 33.560 ha para a zona de amortecimento do Mona.

3.2. METODOLOGIA DA ANÁLISE

A pesquisa monográfica se estruturou metodologicamente como uma pesquisa remota baseada em dados secundários, dados obtidos sem a necessidade de ir a campo, ou seja, que já estão disponíveis, sendo adquiridos em plataformas digitais gratuitas, instituições públicas, privadas e por sítios na internet. O fluxo de trabalho foi organizado de acordo com a figura (10 e 11).

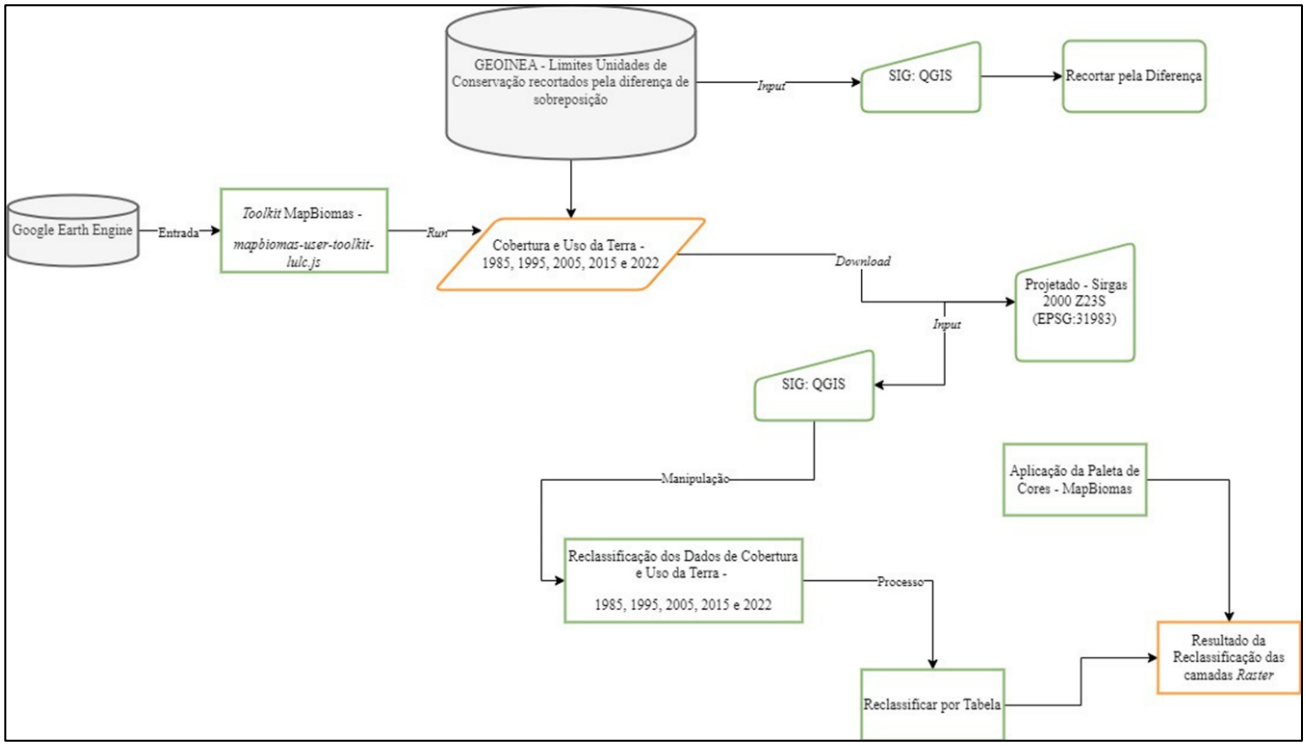

Figura 10. Fluxo de trabalho para criação, análise e tratamento dos dados

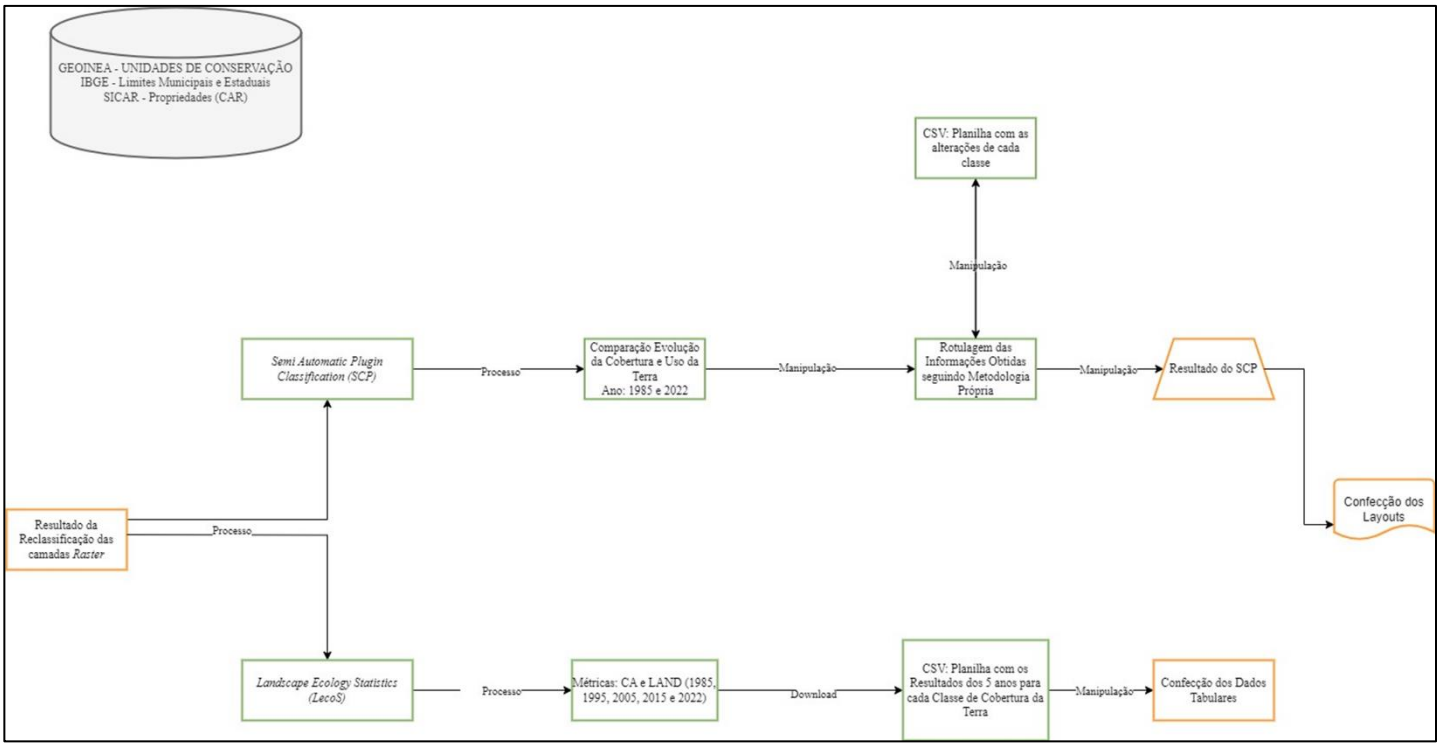

Figura 11. Continuação do fluxo de trabalho para criação, análise e tratamento de dados.

3.2.1. Base de Dados vetoriais (*shape files - shp*)

A aquisição dos limites estaduais e municipais, utilizados na elaboração dos mapas de localização, foram obtidos na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para os limites das Unidades de Conservação, foi utilizado o Portal GEOINEA. Após baixados, os *shape files* foram organizados em um ambiente SIG (*QGIS*). Neste contexto, *shapefile* é compreendido como um tipo de arquivo que armazena dados geográficos, sendo este arquivo utilizado na manipulação de dados geoespaciais em ambiente SIG, como pontos, linhas e polígonos (Odonohue 2022).

Conforme mencionado no item 3.1.2., a ZA referente ao MONAMSC foi definida a partir da aplicação de um *buffer* de 3 quilômetros no entorno da área núcleo, fazendo um recorte pela diferença em virtude da sobreposição parcial que existe em relação ao território do Mona e a ZA da Rebio Araras, já pré-estabelecida.

Com o objetivo de enriquecer o estudo sobre o uso e ocupação da terra, procedeu-se ao download dos limites das propriedades cadastradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos municípios de Miguel Pereira e Petrópolis. Esses limites foram posteriormente integrados aos resultados obtidos pelo plugin *Semi-Automatic Classification* para uma análise mais abrangente no *QGIS*.

3.2.2. Obtenção dos dados de Cobertura e Uso da Terra

Com os limites das Unidades de Conservação e das suas respectivas zonas de amortecimento pré-estabelecidos, os limites foram importados para dentro da plataforma do GEE, de maneira individualizada. Por conseguinte, dentro da plataforma, os dados referentes à Cobertura e Uso da Terra foram obtidos a partir do *asset* de dados (ID: projects/mapbiomasworkspace/public/collection8/mapbiomas_collection80_integration_v1) da coleção 8 do projeto MapBiomas, utilizado o *toolkit* (mapbiomas-user-toolkit-lulc.js) (Figura 12). Com o *script* gerado (Figura 13), foram selecionados os parâmetros para o *download*, sendo eles: região (Brasil), coleção (8), tipo de dado (cobertura), recorte territorial (RBA, MONAMSC e Zas) e anos (1985, 1995, 2005, 2015 e 2022).

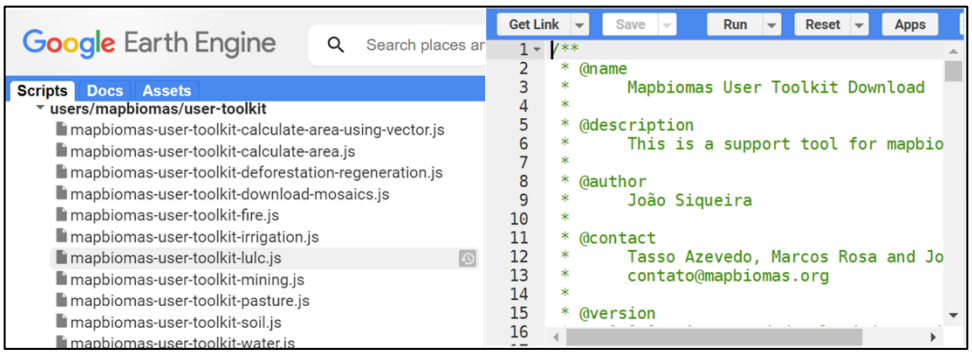

Figura 12. Toolkit de Cobertura e Uso da Terra.

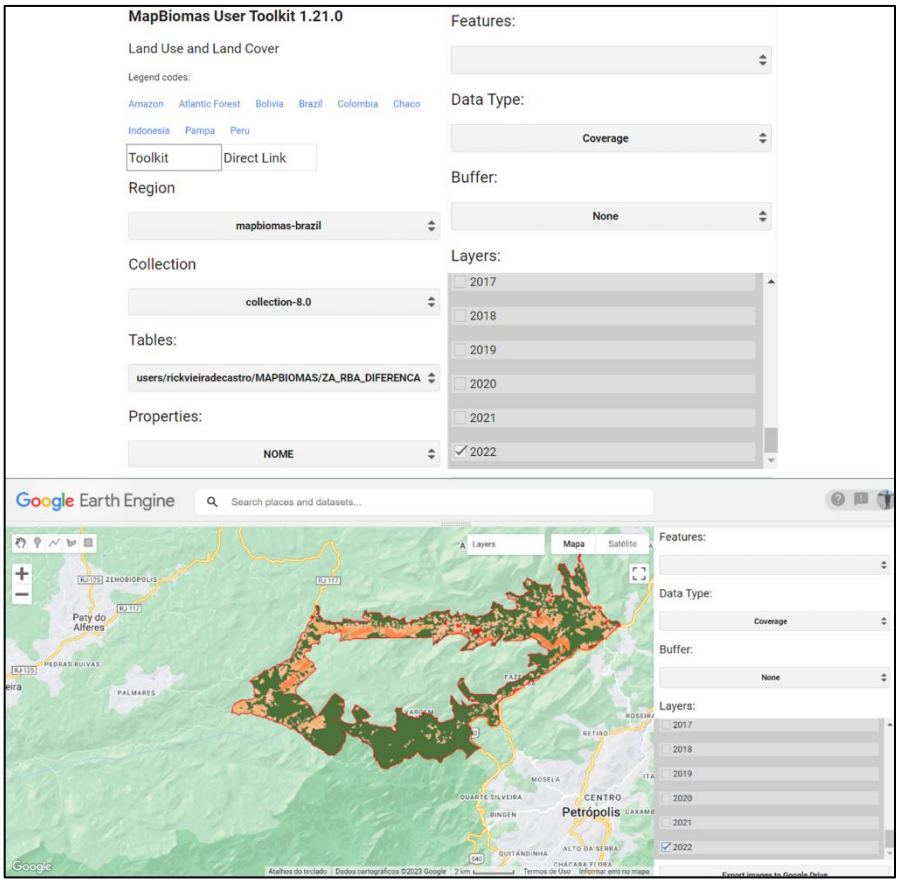

Figura 13. Interface do Script gerado no Google Earth Engine.

Os dados foram baixados e exportados já projetados no sistema *UTM* e no *Datum* Sirgas 2000, zona 23 sul. A partir da Cobertura e Uso da Terra, foram confeccionados mapas multitemporais para as quatro áreas de estudo que contemplavam os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022.

3.2.2.1. Reclassificação dos dados MapBiomas e Descrição das Classes

A coleção 8 do MapBiomas, publicada em agosto de 2022, possui 38 classes de legenda cobrindo o período de 1985 - 2022. Para pequenos recortes territoriais, como no caso desta pesquisa, não se faz necessário a utilização da classificação padrão. Dessa forma, foi realizado uma reclassificação com o intuito de agrupar classes de um mesmo grupo, considerando as características da área de estudo. Os grupos são divididos em: floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área não vegetada e corpo d'água. Inseridos nos grupos existem outras diferentes classes (Quadro 2).

Quadro 2. Descrição das Legendas.

Classe (Nível 1)	**Classe (Nível 2-3)**	**Descrição para o Bioma Mata Atlântica**
Floresta	Formação Florestal Código da Classe - 1	Floresta Ombrófila Densa.
Formação Natural Não Florestal	Afloramento Rochoso Código da Classe - 3	Rochas expostas, sem cobertura do solo, com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade.
	Campo Alagado e Área Pantanosa Código da Classe -11	Vegetação com influência fluvial e ou lacustre.
Agropecuária	Pastagem Código da Classe - 4	Áreas relacionadas à atividades agropecuárias, com presença de pastagem.
	Silvicultura Código da Classe - 6	Espécies arbóreas plantadas com fins comerciais.
	Mosaico de Usos Código da Classe - 21	Uso agropecuário onde não há distinção entre pastagem e agricultura.
Área não Vegetada	Área Urbanizada Código da Classe - 7	Área com considerável densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
	Outras Áreas não vegetadas Código da Classe - 25	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura e expansão urbana.
Corpo D'água	Rio, Lago e Oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Adaptado (*MapBiomas General* "*Handbook*", 2022).

3.2.3 Métricas de Paisagem

Após a reclassificação, os dados foram inseridos no plugin *LecoS*, empregado para calcular as métricas necessárias. O *plugin* é baseado em métricas retiradas do *FRAGSTATS*. As funções incluem o cálculo de métricas em camadas *raster* de maneira automatizada, inseridas na extensão do *plugin* dentro do *QGIS* (Figura 14). As métricas foram selecionadas, calculadas e posteriormente salvas em formato csv para tratamento e confecção dos dados tabulares. Na análise, as seguintes métricas foram utilizadas (Quadro 3):

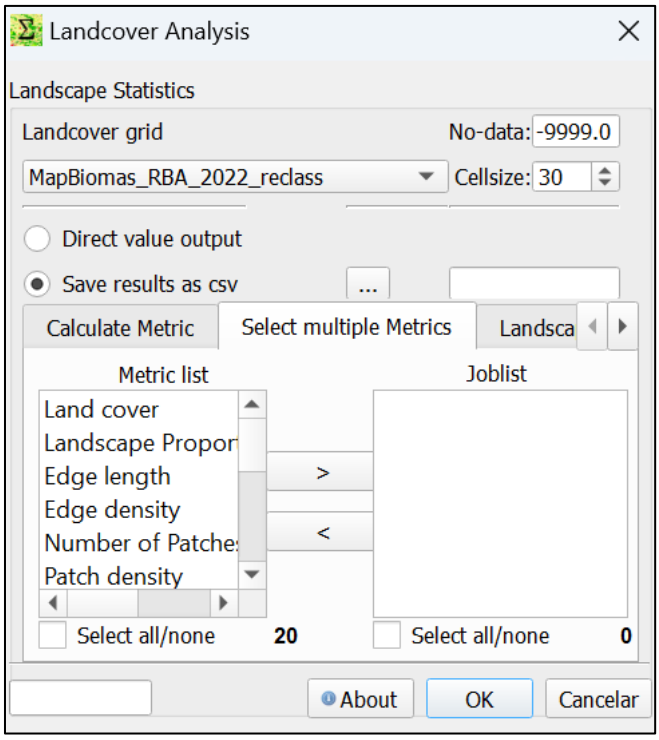

Figura 14. Interface do plugin LecoS.

Quadro 3. Lista de métricas da paisagem utilizadas no estudo.

Tipo	Sigla	Métrica	Unidade	Descrição
Composição da Paisagem	CA	Área da Classe (*Class Area*)	Área (ha)	Somatório das áreas de cada classe.
	PLAND	Porcentagem de Paisagem (*Percentage of Landscape*)	Área (%)	Porcentagem de área ocupada por cada classe de paisagem.

Fonte: Adaptado (McGarigal & Marks, 1995).

3.2.4. Mudanças do Uso da Terra usando o *SCP – Semi Automatic Classification Plugin*

Para identificar as alterações das classes de paisagem, utilizou-se a ferramenta *Semi Automatic Classification* (Congedo 2021). O *SCP* é um *plugin* gratuito de código aberto para QGIS que permite a classificação supervisionada de imagens *raster* de sensoriamento remoto, fornecendo ferramentas para pós-processamento de imagens, como no caso do presente estudo. O fluxo de trabalho foi automatizado com base nos dados de Cobertura e Uso da Terra. A

classificação das mudanças foi realizada conforme as classes pré-definidas no item 3.2.2.1. A ferramenta compara os dados do último ano (2022) com os do primeiro ano (1985). Após o carregamento dos dados, uma tabela é gerada, destacando as alterações que ocorreram em cada classe (Tabela 1). Ressalta-se que *NewClass* refere-se a 2022 e *ReferenceClass* (1985), tendo como exemplo (Tabela 1) resultados obtidos para a Reserva Biológica Estadual de Araras. Para as demais áreas, foi realizado o mesmo procedimento, variando apenas as classes.

No quadro a seguir, (Quadro 4) os números fazem referência aos números das classes de paisagem definidos na metodologia deste trabalho (Quadro 2). Com base nessa informação, a classificação das alterações foi estabelecida da seguinte maneira: a transição da classe de formação florestal para qualquer classe antropogênica (pastagem, mosaico de usos, área urbanizada etc.) foi designada como Desmatamento. Por outro lado, qualquer transição de uma classe antropogênica para a classe de formação florestal foi categorizada como Regeneração da Vegetação. É importante salientar que a definição apresentada neste trabalho foi formulada exclusivamente para este contexto, sem aderir a quaisquer metodologias para a rotulagem.

Tabela 1. Exemplo de alterações nas classes obtidas através do SCP.

Nova Classe (2022) – Nome da classe	**Classe de Referência (1985) – Nome da classe**	**Área (m²)**
1.0 – Formação Florestal	1.0 – Formação Florestal	30638700.0
1.0 - Formação Florestal	4.0 - Pastagem	3600.0
1.0 - Formação Florestal	21.0 - Mosaico de Usos	706500.0
4.0 - Pastagem	1.0 – Formação Florestal	162000.0
4.0 - Pastagem	4.0 - Pastagem	7229900.0
4.0 - Pastagem	21.0 - Mosaico de Usos	327600.0
21.0 – Mosaico de Usos	1.0 – Formação Florestal	1041300.0

21.0 - Mosaico de Usos	4.0 - Pastagem	890100.0
21.0 - Mosaico de Usos	21.0 - Mosaico de Usos	2413800.0

Fonte: Adaptado (*Semi Automatic Classification Plugin*, Congedo 2021).

Rótulo	Número Digital (Classe de Paisagem)
Inalterado	Qualquer classe sem mudança
Desmatamento	Classe 1 para 4, 6, 7, 21 ou 25
Regeneração da Vegetação	Classe 4, 6, 7, 21 ou 25 para 1
Manejo de Pasto	Classe 4 ou 21 para 6
Pastagem Alagada	Classe 4 ou 21 para11 ou 8
Perda de Água	Classe 8 para 4, 7, 21 ou 25

Quadro 4. Rotulagem das alterações nas classes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia descrita, foram geradas informações referentes à composição da paisagem a partir de mapas de cobertura e uso da terra para as quatro áreas de estudo, ao longo de um período de 37 anos. Os mapas atuam como ferramenta que auxilia na análise visual, e as métricas constituem uma abordagem que visa compreender, ao longo do tempo, as alterações na composição das classes que integram a paisagem.

4.1. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DE ARARAS

Para o limite da Reserva Biológica Estadual de Araras, gerou-se quatro mapas da cobertura e uso da terra (Figura 15). O território da RBA compreende-se como um grande maciço florestal, com presença de vegetação rupícola e afloramentos rochosos.

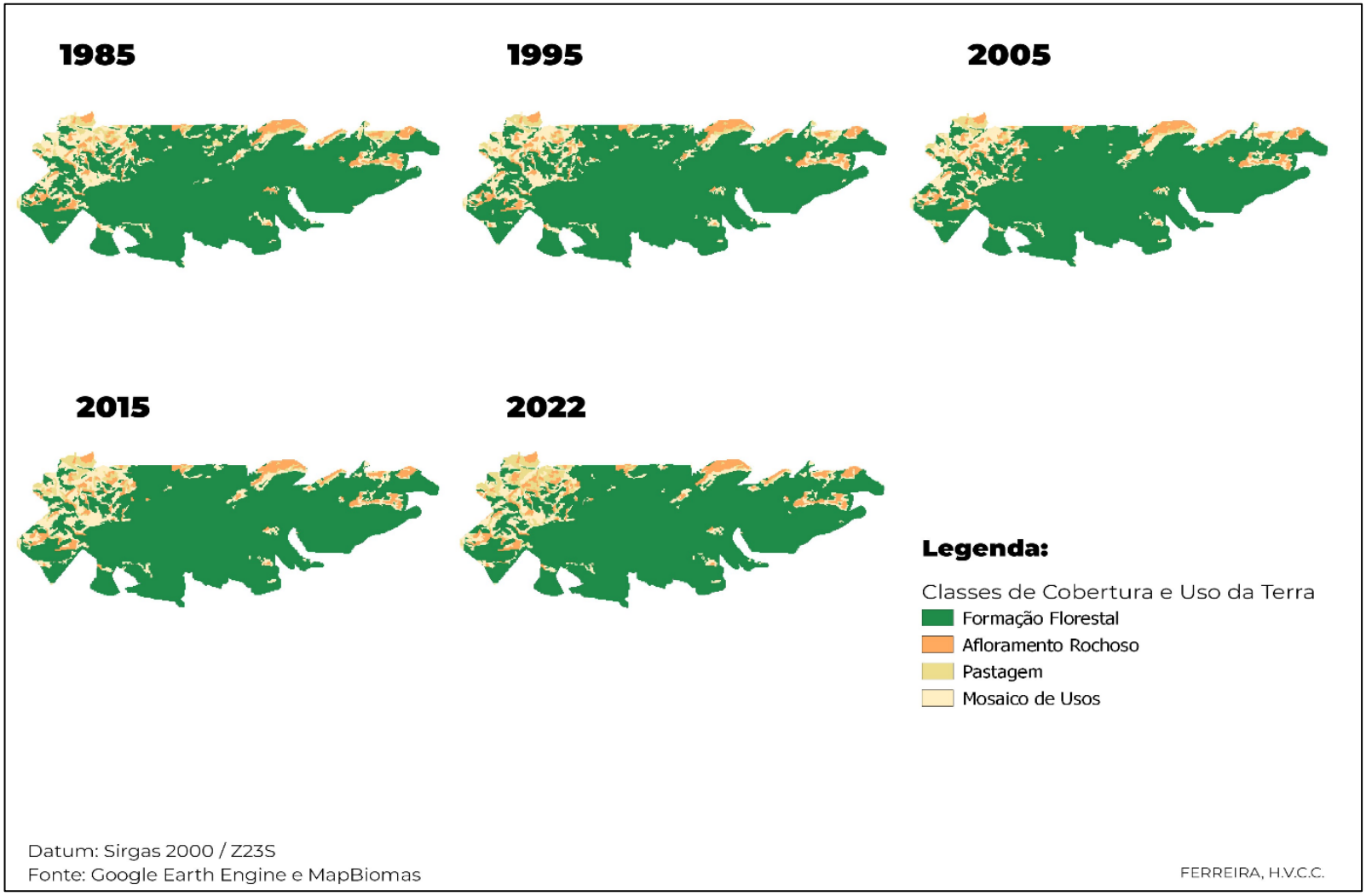

Figura 15. Dinâmica Multitemporal (1985-2022) de Cobertura e Uso da Terra, RBA

Através das métricas “LAND e PLAND” (Figura 16), definidas na metodologia deste trabalho, chegou-se a dados que demonstram as extensões territoriais que cada classe ocupa e como elas estão distribuídas na paisagem em Ha e Porcentagem, respectivamente.

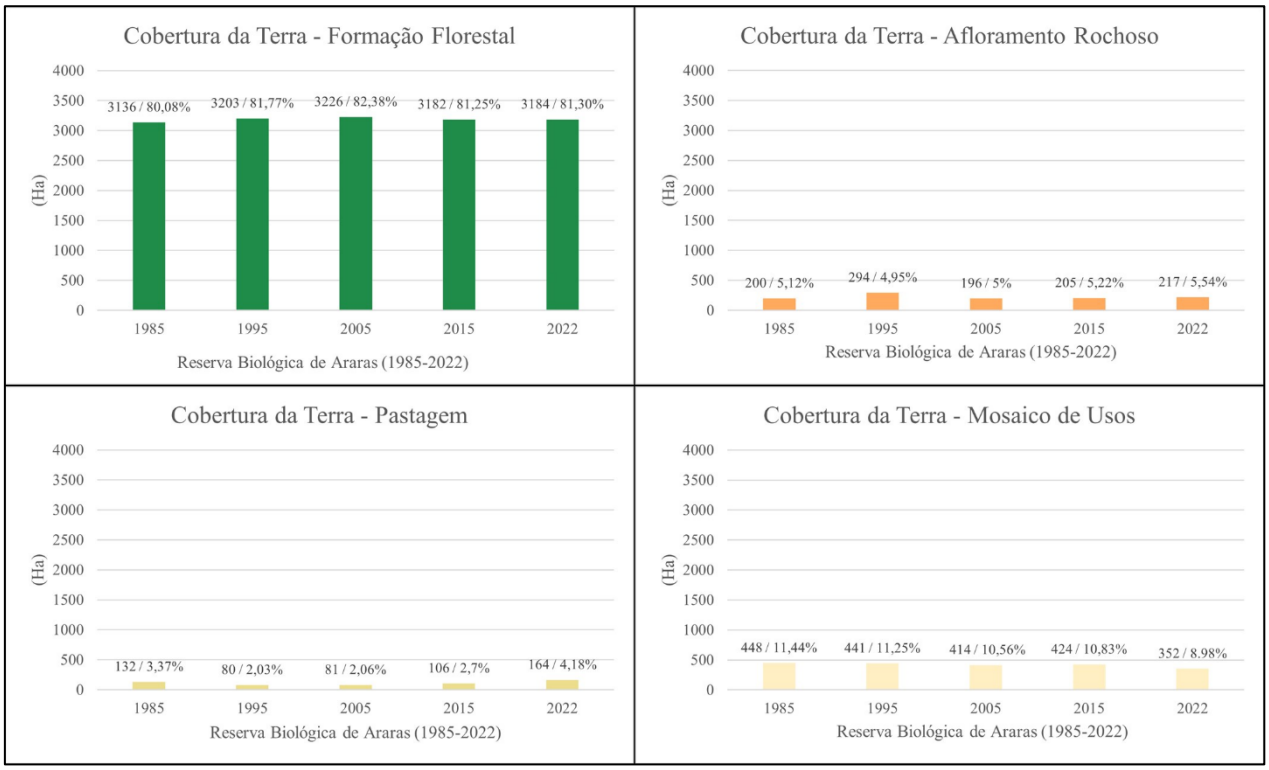

Figura 16. Métrica PLAND, RBA.

Ao longo dos 37 anos, as classes mapeadas se mantiveram, variando apenas em sua área de cobertura e ou classe de paisagem, com pouca alteração, sendo a classe de Formação Florestal a mais expressiva ao longo dos anos analisados. Em relação a essa classe específica, observamos os seguintes resultados: de 1985 para 1995, houve um incremento de 67 hectares (ha); de 1995 para 2005, um incremento de 23 ha; de 2005 para 2015, um decremento de 44 ha; e, de 2015 para 2022, um aumento de 2 ha. No que diz respeito aos anos de 2005 e 2015, a classe de Pastagem apresentou um acréscimo de área de 25 ha, enquanto o Mosaico de Usos teve um aumento de 10 ha no mesmo período. Segundo o Inea (2010), do ponto de vista histórico da Rebio, não ocorreram grandes conflitos em relação à sua área núcleo, ao longo do tempo, sendo o seu território dedicado à conservação florestal. A área que outrora fora destinada à fruticultura e silvicultura no passado, não representa seu tamanho original, sendo o restante composto por formações florestais densas e em excelente estado de conservação. No que tange as classes de Agropecuária, vale ressaltar que a classe Mosaico de Usos refere-se à áreas onde

não foi possível distinguir pastagem de agricultura. Assim, ao longo dos 37 anos, houve uma diminuição nos valores desse grupo, em parte pela mudança destas por florestas, assim como de sua inclusão na classe de pastagem. Ao longo dos 37 anos sob análise, as classes de pastagem e mosaicos de usos revelaram mudanças notáveis. Entre 1985 e 1995, observou-se uma queda de 52 ha na área de pastagem e 7 ha nos mosaicos de usos. No intervalo de 1995 a 2005, as reduções foram de 1 hectare na pastagem e 27 ha nos mosaicos. De 2005 a 2015, ambas as classes registraram decréscimos, sendo 25 ha na pastagem e 10 ha em mosaico de usos. No período mais recente, de 2015 a 2022, a classe de pastagem apresentou um incremento de 58 ha, contrastando com uma notável redução de 72 ha para mosaico de usos. Essas flutuações destacam a dinâmica das mudanças nessas classes ao longo do tempo.

Por outro lado, observando os anos de 1985 e 2022, a partir dos resultados obtidos através do *SCP*, observou-se mudanças da classe formação florestal para pastagem ou mosaico de usos à oeste (Figura 17) do território da Reserva, local onde há maior concentração da classe pastagem, indicando um processo de desmatamento ao longo dos 37 anos. Ao contrário disso, houve a substituição das classes Mosaico de Usos e Pastagem para Formação Florestal, indicando um processo de regeneração da vegetação. Nos 37 anos analisados pelo SCP (Figura 18), aproximadamente 71 ha de formação florestal foram convertidos para classes antrópicas (Pastagem ou Mosaico de Usos) e 120 ha foram referentes a regeneração da vegetação, onde, pastagem e ou mosaico de usos foram convertidos para formação florestal. Integrado às propriedades cadastradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Essa abordagem permitiu a identificação e visualização das propriedades situadas nas imediações e, em alguns casos, dentro dos limites da Unidade de Conservação (UC). Notavelmente, na região oeste, foi possível observar a proximidade e inserção de propriedades em áreas que apresentaram índices de desmatamento.

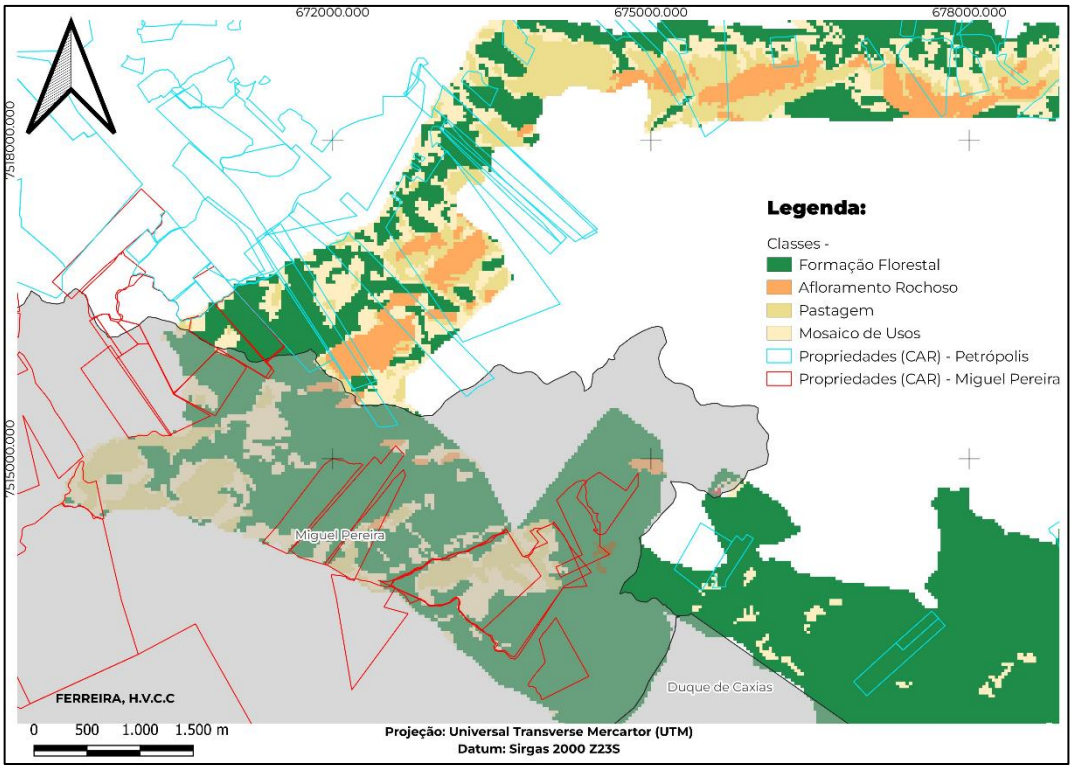

Figura 17. Porção Oeste da Reserva Biológica Estadual de Araras.

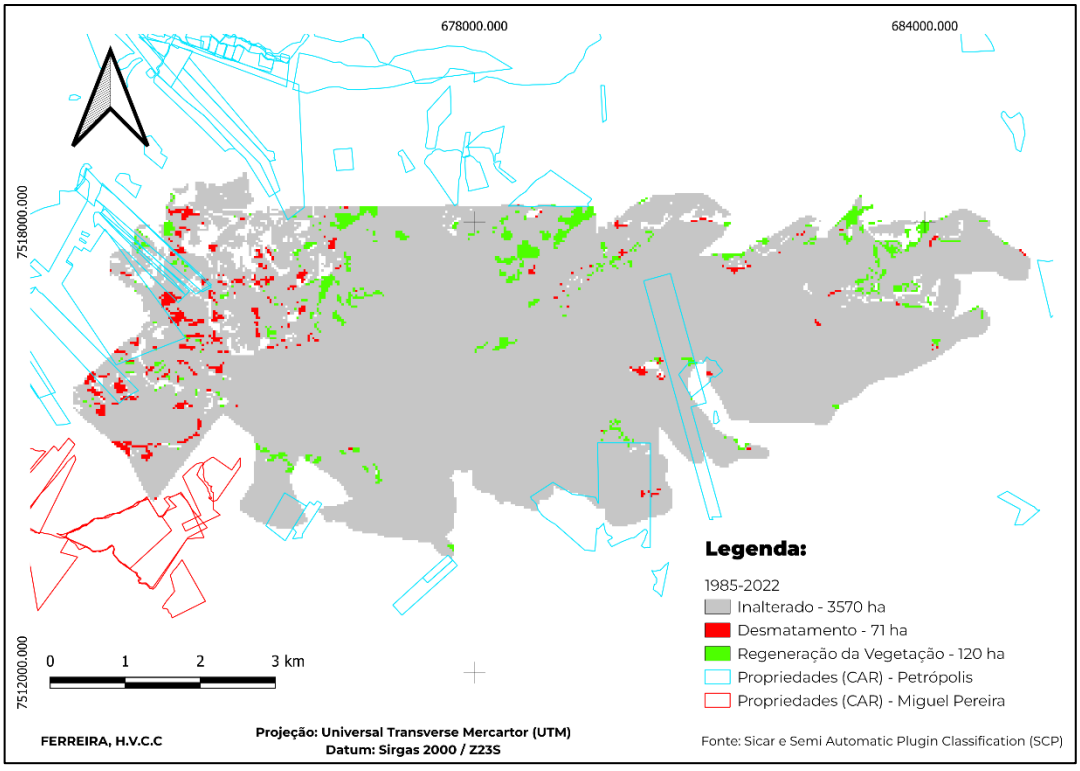

Figura 18. Mudanças Temporais do Uso da Terra, RBA.

Comparando com o trabalho realizado por Silva *et al*. (2015), o fato de ter ocorrido o aumento de área de na classe de formação florestal pode estar associado à restrição imposta pela categoria de proteção integral e o abandono de áreas de pastagens e agricultura. Silva *et al*. (2015), em seu trabalho, evidenciou tanto o aumento de fragmentos como o aumento em área de áreas florestais, colaborando com os resultados obtidos para as análises da Rebio Araras, uma vez que foi observado o incremento da classe formação florestal e o decremento das classes antropogênicas de pastagem e mosaico de usos.

Nesse sentido, a regeneração da vegetação pode ter aumentado a área da classe, justificando o crescimento. Tal resultado é corroborado pelas mudanças ao longo dos 37 anos das classes de pastagem e mosaico de usos para as de formação florestal. Outro fator importante, pelo fato da classe de Formação Florestal ser a mais representativa na área de estudo, representando um grande maciço, o processo de regeneração pode ser favorecido. Para Lira *et al*. (2012), paisagens com cobertura majoritariamente formada por florestas, apresentam menor taxa de desmatamento e fragmentação. Na porção oeste da reserva, foi identificada a maior incidência de desmatamento. De acordo com o INEA (2010), essa região está adjacente a pequenas propriedades rurais no Vale das Princesas, onde atividades agropecuárias estão em desenvolvimento, explicando a concentração observada. Segundo o Inea (2010), a região supracitada apresenta a maior incidência de atividades agropastoris no entorno da RBA e um dos pontos principais de ocorrência de incêndios, devido ao seu alto índice de risco, haja visto a maior matriz agrária.

4.2. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RBA

Para a Zona de Amortecimento da Reserva Biológica Estadual de Araras, gerou-se quatro mapas da cobertura e uso da terra (Figura 19). A Zona de Amortecimento (ZA) é delimitada, conforme definido pelo INEA (2010), pelos seguintes pontos geográficos: a BR-040 (a leste da Reserva Biológica Estadual de Araras), a Estrada da Vargem Grande (a sul), a via que conecta Marcos da Costa, em Miguel Pereira, ao Vale das Videiras, em Petrópolis (a oeste), e a cumeada da Serra da Maria Cumprida, que faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Petrópolis (a norte).

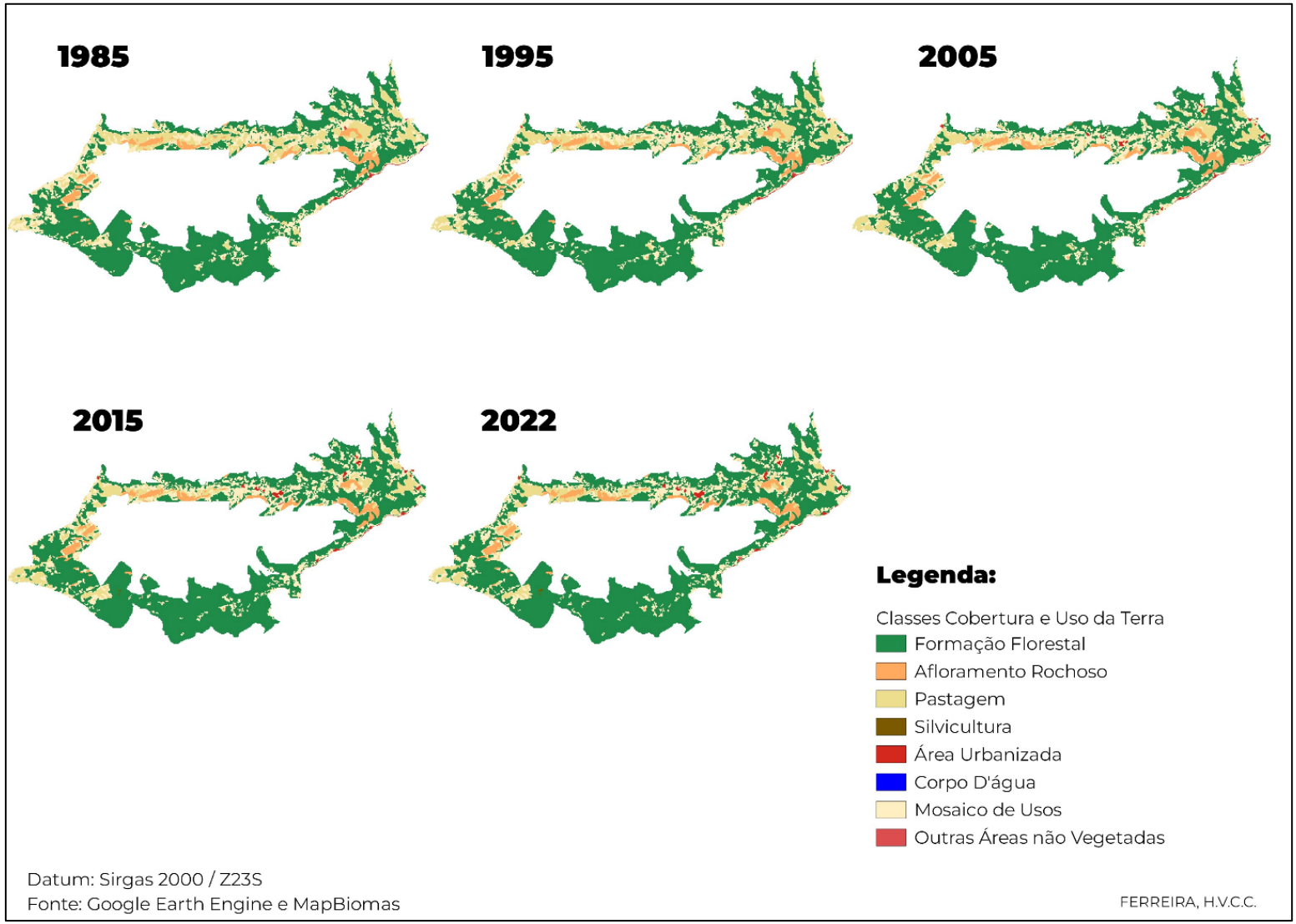

Figura 19. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, Zona de Amortecimento, RBA.

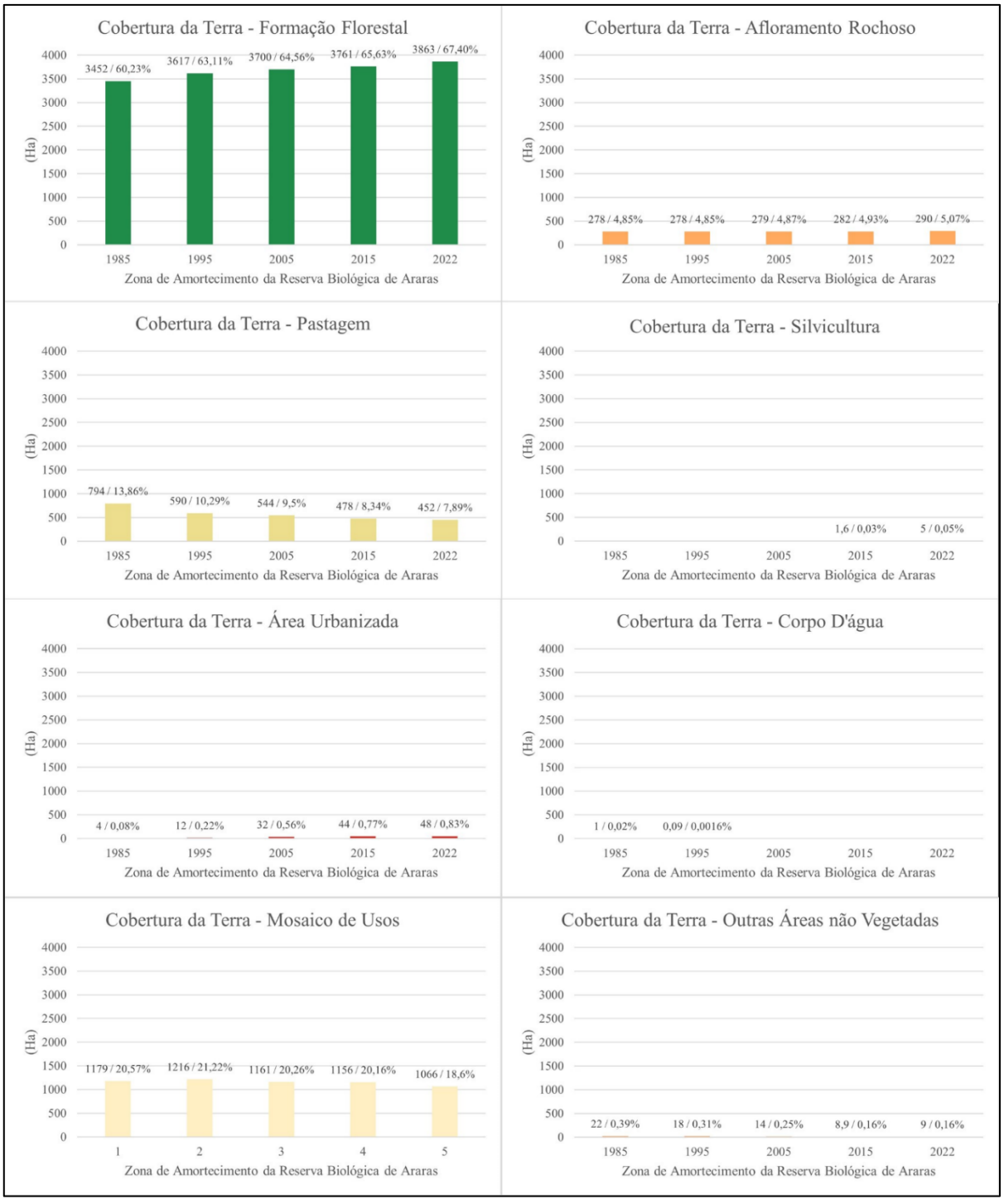

Figura 20. Métrica PLAND, ZA, RBA.

Em relação a classe de formação florestal para a Zona de Amortecimento da Rebio Araras, observamos os seguintes resultados: de 1985 para 1995, houve um incremento de 165 ha; de 1995 para 2005, um incremento de 83 ha; de 2005 para 2015, um incremento de 61 ha; e de 2015 para 2022, um acréscimo de 102 ha.

Ao longo das décadas analisadas, observou-se mudanças significativas nas áreas de pastagem e mosaico de usos. Entre 1985 e 1995, a área de pastagem diminuiu em 204 ha, enquanto a de mosaico de usos aumentou em 37 ha. No período seguinte, de 1995 a 2005, tanto a pastagem quanto o mosaico de usos experimentaram reduções, com uma diminuição de 46 ha para o pasto e 55 ha para o mosaico de usos. De 2005 a 2015, a área de pastagem diminuiu em 66 ha, enquanto o mosaico de usos teve uma redução de 5 ha. Já no período mais recente, de 2015 a 2022, a pastagem aumentou em 26 ha, e o mosaico de usos teve uma diminuição de 90 ha.

Áreas urbanizadas representam uma das menores classes presentes na zona de amortecimento da unidade de conservação (Figura 20). Durante os períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 essa classe apresentou variações sutis na área ocupada em relação à área total da paisagem (inicialmente 0,08% chegando a 0,83% em 2022), representando o adensamento do bairro Araras e ao longo da BR-040, em Itaipava. Segundo o SNUC (Brasil 2000), áreas urbanizadas deveriam se instalar fora das zonas de amortecimento, haja vista os conflitos resultantes da expansão urbana.

A partir dos resultados obtidos pelo *SCP* (Figura 21), nos 37 anos analisados, aproximadamente 178,83 ha de formação florestal foram convertidos para classes antrópicas (Pastagem, Mosaico de Usos, Área Urbanizada ou Outras Áreas não Vegetadas), indicando um processo de desmatamento na região. Integrado às propriedades cadastradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Essa abordagem permitiu a identificação e visualização das propriedades situadas em áreas que apresentaram índices de desmatamento, principalmente no município de Miguel Pereira.

Na perspectiva do processo de Regeneração da Vegetação, ocorreu a conversão de 589,86 ha de classes antrópicas para a classe de formação florestal. Essa transformação revela-se significativa ao longo dos anos analisados, evidenciando o avanço do processo de regeneração e transição para uma cobertura natural, evidenciando a função da Zona de Amortecimento. Cabe destacar a observação de regeneração natural em propriedades, possivelmente originada de áreas reserva legal. Nesse sentido, os maior concentração de desmatamento está inserido no Município de Miguel Pereira, no Vale das Princesas, localizada na parte oeste-sudoeste da Zona de Amortecimento. Segundo o Inea (2010), na região há a presença de pequenas propriedades rurais que desenvolvem agropecuária com diversas culturas plantadas, incluindo o capim e em período de entressafra. Neste sentido, as

práticas agrícolas que ocorrem na região supracitada, evidenciam-se como o principal conflito, uma vez que adentram para áreas da Unidade de Conservação.

Sob essa perspectiva, os ganhos de vegetação mencionados anteriormente reforçam significativamente a importância da conservação florestal, especialmente quando consideramos sua proximidade com a área central da RBA, auxiliando na formação de corredores ecológicos e ampliando a sua conectividade estrutural (Metzger 1997). Podemos destacar que a maior concentração dos índices referentes a regeneração da vegetação, estão localizados no bairro Araras, local mais próximo da sede da Reserva, onde há maior concentração de casarões de classe média e maior efetivo referente a fiscalização.

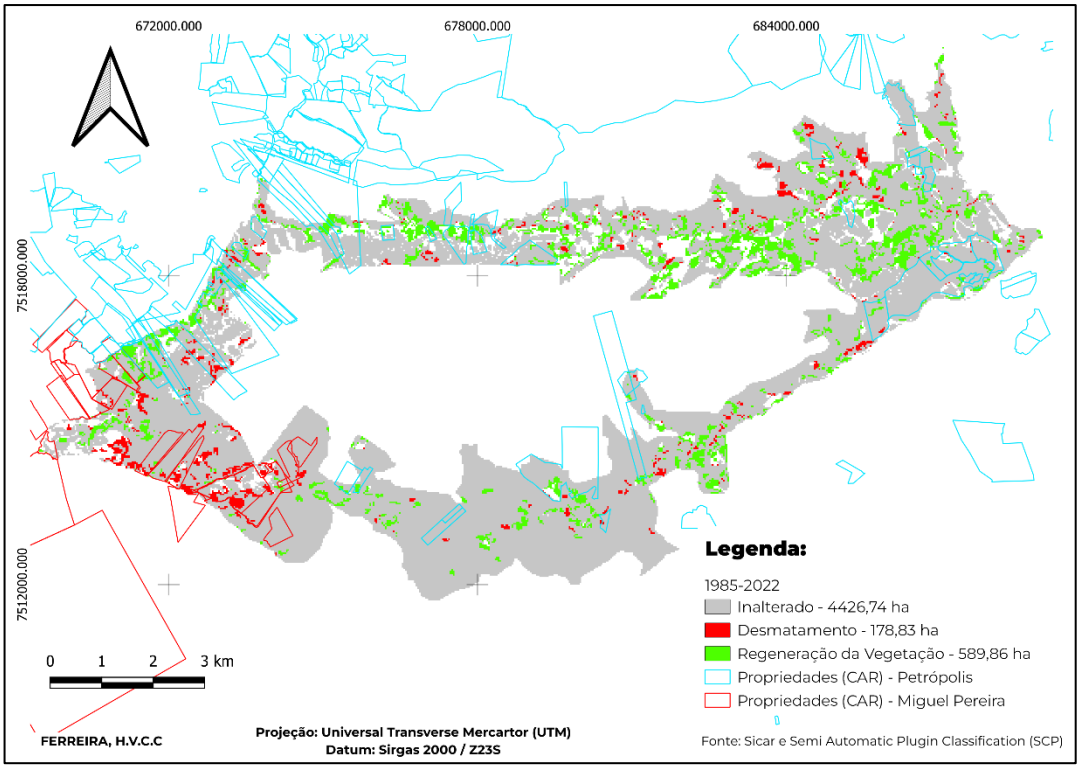

Figura 21. Mudanças Temporais do Uso da Terra, ZA, RBA.

4.3. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL DA SERRA DA MARIA COMPRIDA

Para o limite do Monumento Natural da Serra da Maria Comprida, gerou-se quatro mapas da cobertura e uso da terra (Figura 22). O território do MONAMSC compreende-se como uma porção da Serra das Araras, sendo composto por montanhas e picos com a presença de afloramentos rochosos, campos de altitude, vegetação rupícola e remanescentes da Mata Atlântica. (INEA 2021). As comunidades do entorno são: de Itaipava, Pedro do Rio,

Secretário, Bonsucesso, Vale das Videiras e Araras e Cascatinha. Segundo o INEA (2021), é possível identificar a BR-040 (Rodovia Washington Luís, entre Rio e Petrópolis) à leste, a estrada municipal a oeste, estendendo-se por 14 km no sentido sul, e a RJ-117 ao sul, que percorre 23 km no vale do rio das Araras.

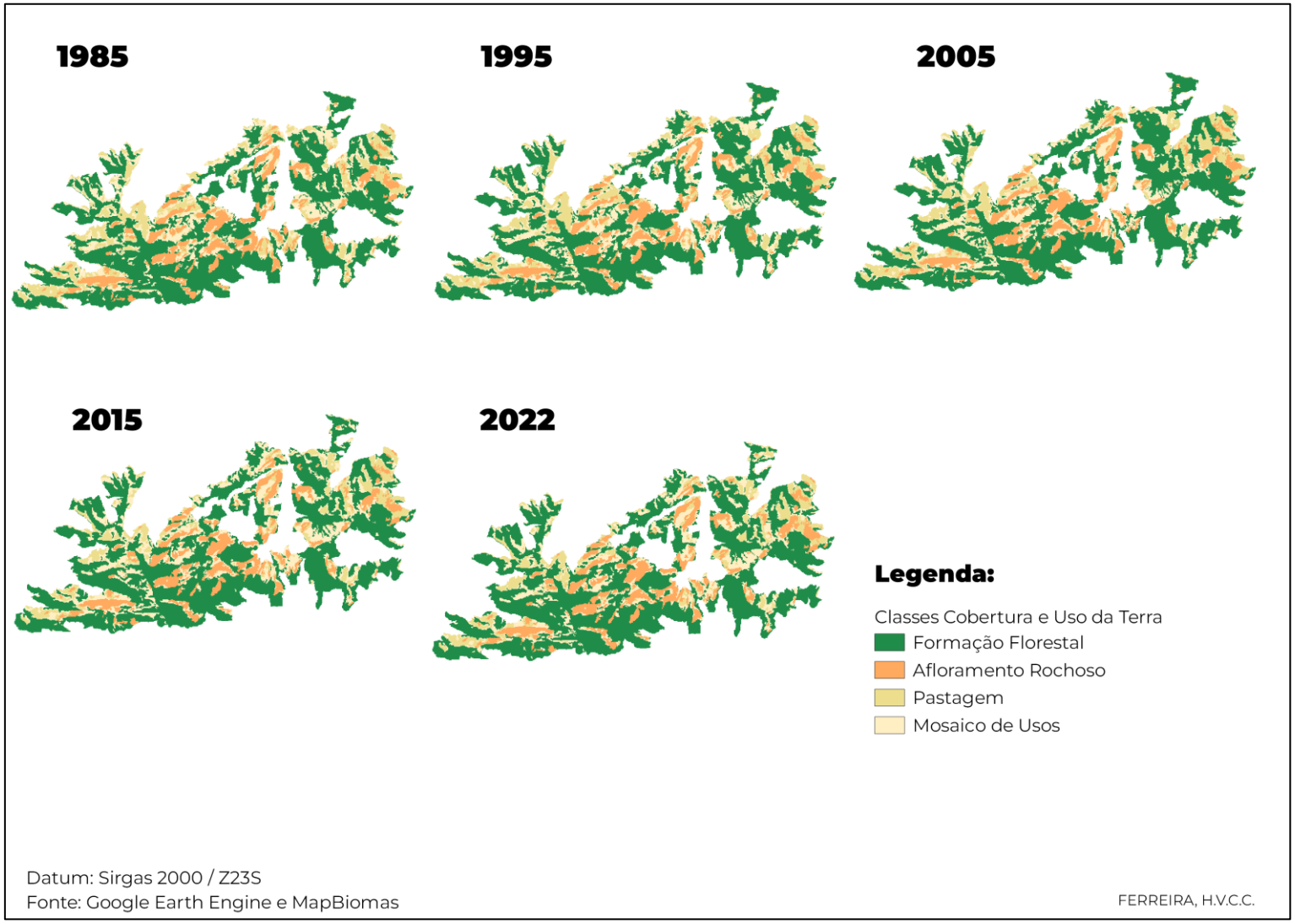

Figura 22. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, MONAMSC.

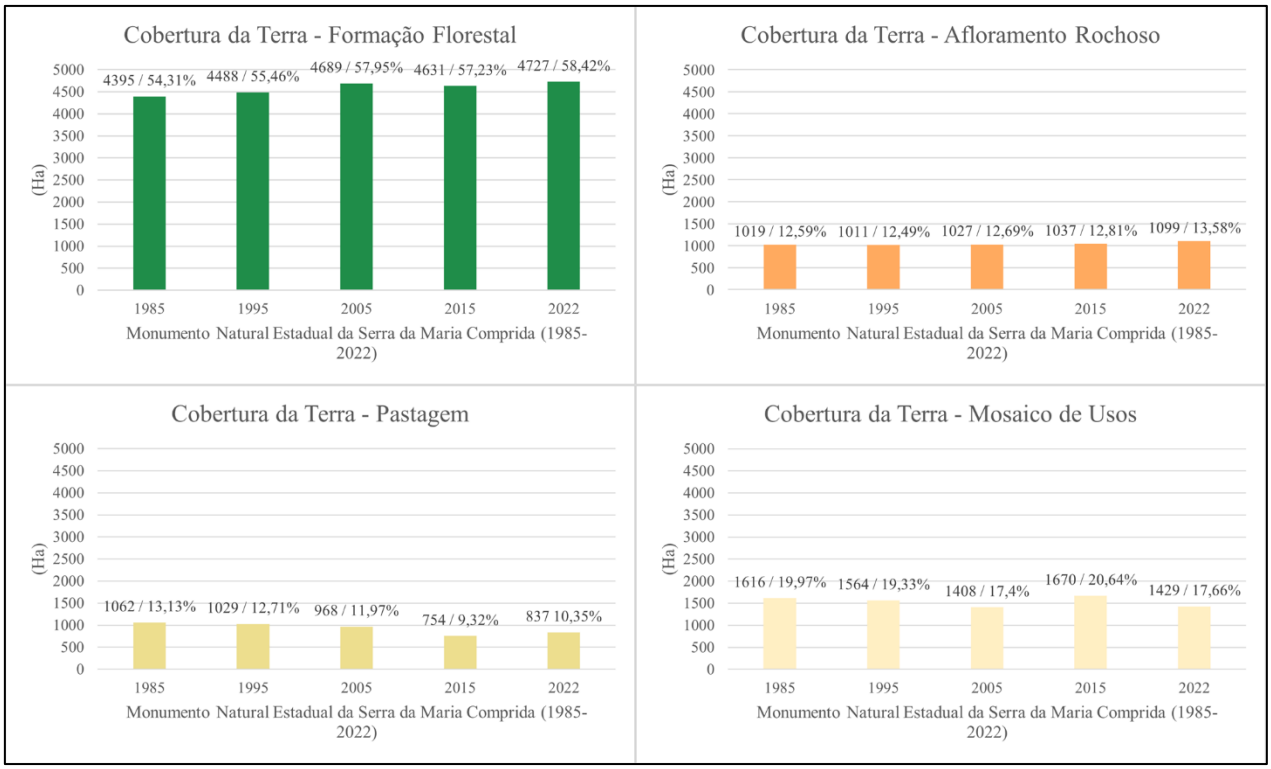

Figura 23. Métrica PLAND, MONAMSC.

Ao longo dos 37 anos, as classes mapeadas (Figura 23) se mantiveram, variando apenas em sua área de cobertura e ou classe de paisagem, com pouca alteração, sendo a classe de Formação Florestal a mais expressiva ao longo dos anos analisados. Em relação a essa classe, observamos os seguintes resultados: de 1985 para 1995, houve um incremento de 93 ha; de 1995 para 2005, um incremento de 201 ha; de 2005 para 2015, um decremento de 58 ha; e, de 2015 para 2022, um acréscimo de 96 ha. Observou-se mudanças nas áreas de pastagem e mosaico de usos. Entre 1985 e 1995, a área de pastagem diminuiu em 33 ha, enquanto a de mosaico de usos diminuiu em 52 ha. No período seguinte, de 1995 a 2005, tanto a pastagem quanto o mosaico de usos experimentaram reduções, com uma diminuição de 61 ha para o pasto e 156 ha para o mosaico de usos. De 2005 a 2015, a área de pastagem diminuiu em 214 ha, enquanto o mosaico de usos teve um aumento de 262 ha. Já no período mais recente, de 2015 a 2022, a pastagem aumentou em 83 ha, e o mosaico de usos teve uma diminuição de 241 ha.

A partir dos resultados obtidos pelo *SCP* (Figura 24), nos 37 anos analisados, aproximadamente 292,23 ha de formação florestal foram convertidos para classes antrópicas (Pastagem ou Mosaico de Usos), indicando um processo de desmatamento, principalmente no interior de propriedades particulares da região. Na perspectiva do processo de Regeneração da Vegetação, ocorreu a conversão de 628 ha de classes antrópicas para a classe de formação florestal. Segundo o SNUC (Brasil 2000), conforme visto nos resultados obtidos, o monumento

Natural constitui áreas particulares. Segundo o INEA (2021), A extensão total dos imóveis já registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) localizados dentro da área de estudo é de aproximadamente 11.300 ha. Nesse sentido, a homologação desse tipo de unidade de conservação revela-se uma opção atrativa, pois dispensa a desapropriação dos imóveis, exigindo apenas a conciliação das atividades, orientada pelo plano de manejo (Brasil 2000, Palmieri *et al*. 2015).

É de suma importância a continuidade na geração de informações para a respectiva unidade de conservação, a fim de monitorar os possíveis desdobramentos referentes aos anos posteriores à sua homologação. No que se refere aos índices de regeneração da vegetação, principalmente nos limites de propriedades, um fator que pode contribuir para o aumento das áreas verdes é a ampliação das áreas de reserva legal, uma vez que estas são obrigatoriedades para propriedades rurais no Brasil segundo a Lei N°12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, estabelecendo Reservas Legais, Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Uso Restrito. Segundo o Inea (2021), a área de estudo possui restrições de uso por outra legislação, como por exemplo a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), que dispões sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica (Brasil 2006, 2012).

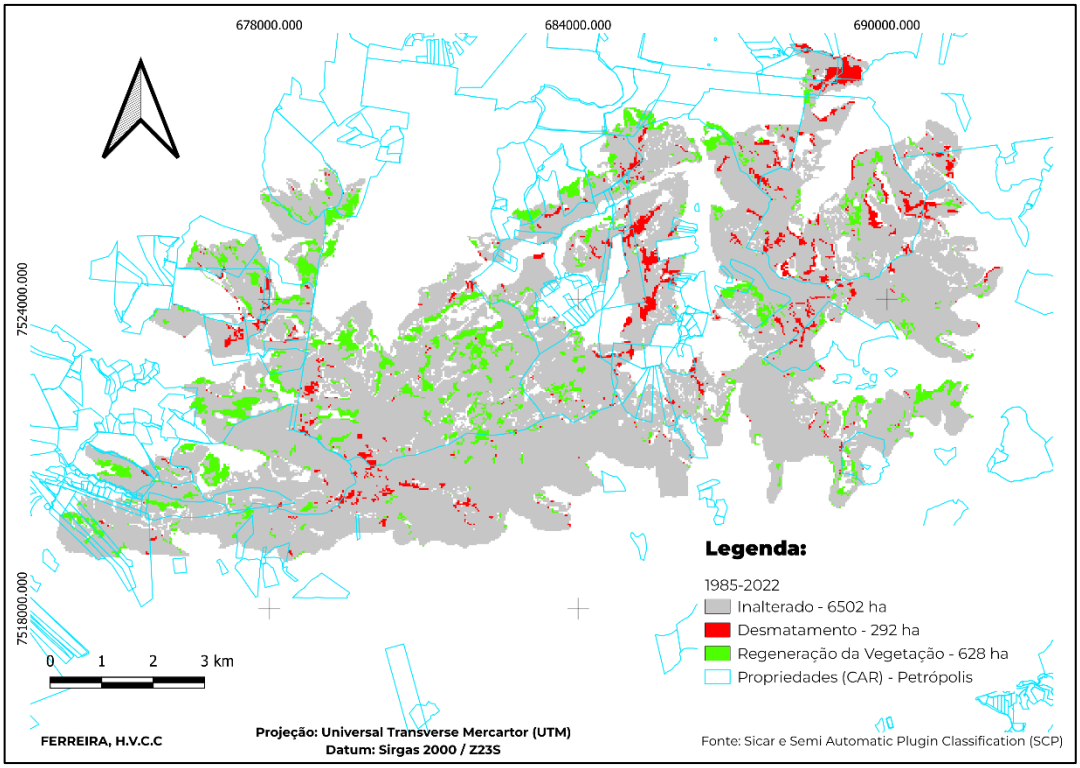

Figura 24. Mudanças Temporais do Uso da Terra, MONAMSC.

4.4. DINÂMICA DE COBERTURA DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DO MONAMSC

A zona de amortecimento proposta para o Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida abrange predominantemente a Região Serrana (município de Petrópolis), com uma pequena extensão nos municípios de Paty de Alferes e Paraíba do Sul. Para esta área, gerou-se 4 mapas (Figura 25) de cobertura e uso da terra.

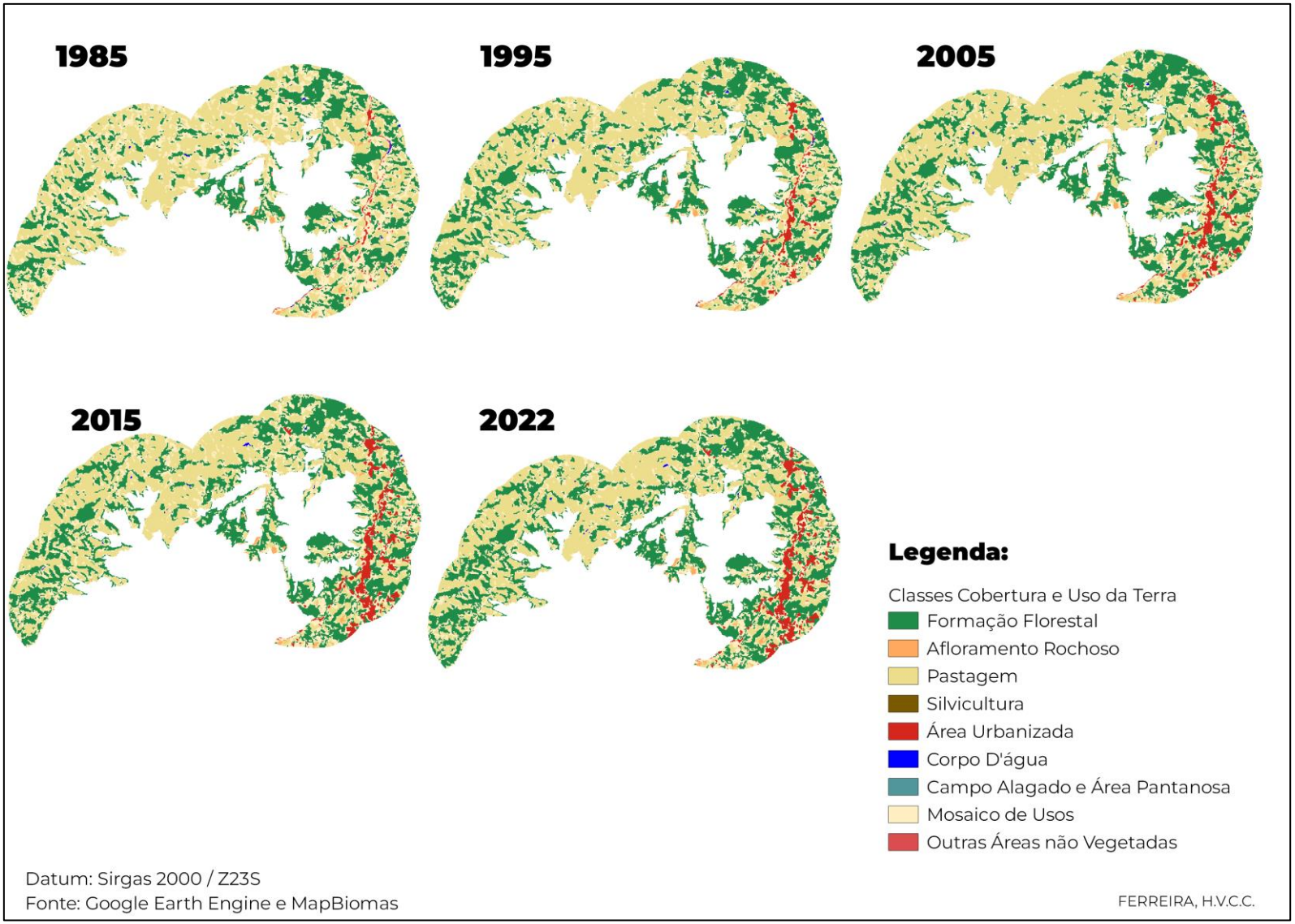

Figura 25. Dinâmica Multitemporal de Cobertura e Uso da Terra, Zona de Amortecimento, MONAMSC.

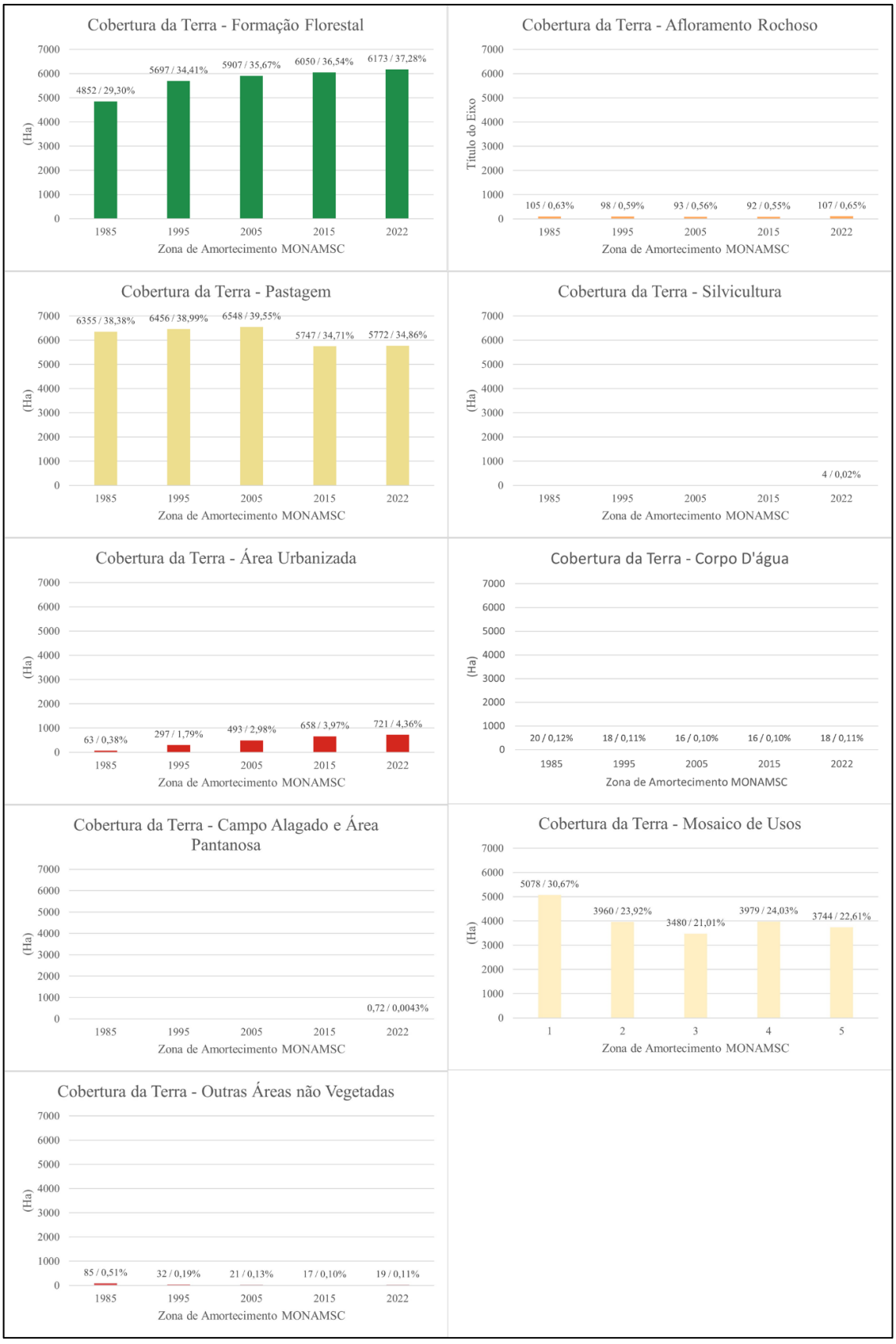

Figura 26. Métrica PLAND, Zona de Amortecimento, MONAMSC.

Em relação a classe de formação florestal para a Zona de Amortecimento do Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida, observamos os seguintes resultados: de 1985 para 1995, houve um incremento de 845 ha; de 1995 para 2005, um incremento de 210 ha; de 2005 para 2015, um incremento de 143 ha; e de 2015 para 2022, um acréscimo de 123 ha.

Pastagem e mosaico de usos, uma das classes com maior significância em valores, entre 1985 e 1995, a área de pastagem aumentou em 101 ha, enquanto a de mosaico de usos diminuiu 1118 ha. No período seguinte, de 1995 a 2005, a pastagem e o mosaico de usos experimentaram aumentos e reduções, respectivamente, com um acréscimo de 92 ha para o pasto e uma diminuição de 480 ha para o mosaico de usos. De 2005 a 2015, a área de pastagem diminuiu em 801 ha, enquanto o mosaico de usos teve um aumento de 499 ha. Já no período mais recente, de 2015 a 2022, a pastagem aumentou em 25 ha, e o mosaico de usos teve uma diminuição de 235 ha.

As áreas urbanizadas representam uma das menores classes presentes na zona de amortecimento da unidade de conservação. Durante os períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 essa classe apresentou variações sutis na área ocupada em relação à área total da paisagem (inicialmente 0,38% chegando a 4,36% em 2022). O avanço das Áreas Urbanizadas se concentrou ao longo dos distritos de Pedro do Rio, Itaipava e Nogueira, localizados na cidade de Petrópolis.

A partir dos resultados obtidos pelo *SCP* (Figura 27), nos 37 anos analisados, aproximadamente 640,53 ha de formação florestal foram convertidos para classes antrópicas (Pastagem, Mosaico de Usos, Áreas Urbanizadas, Outras Áreas não Vegetadas ou Silvicultura), indicando um processo de desmatamento na região. Na perspectiva do processo de Regeneração da Vegetação, ocorreu a conversão de 1959,3 ha de classes antrópicas para a classe de formação florestal. Nesta região, foram adicionadas outras categorias e transições no mapeamento. Detectou-se a perda de 12,06 ha de corpos d'água, sugerindo processos de canalização dos rios urbanos. Por outro lado, observou-se a conversão de pastagens em lagos, resultando em um ganho de 12,06 ha. Esse fenômeno pode indicar a construção de lagos e reservatórios não-naturais. Na categoria de pastagem, aproximadamente 3,87 ha foram destinados ao manejo de pasto, com transformação de áreas de pastagem para floresta plantada (silvicultura).

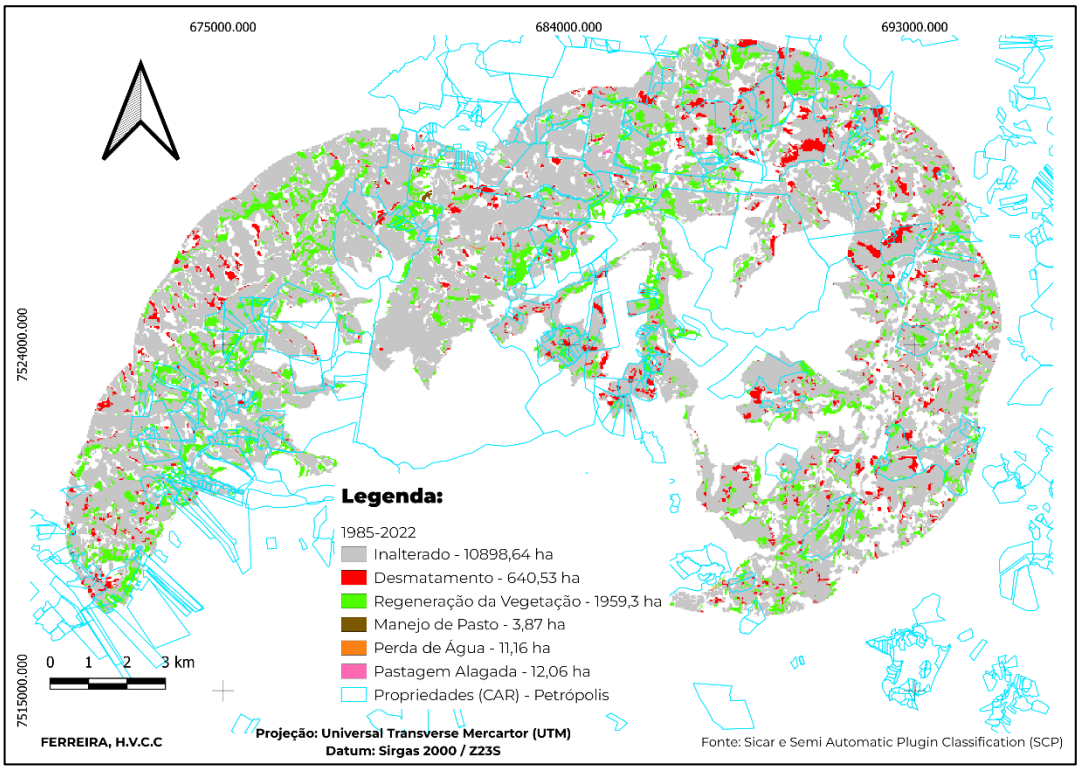

Figura 27. Mudanças Temporais de Uso da Terra, ZA, MONAMSC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo forneceu dados sobre a dinâmica da Cobertura e Uso da Terra em duas Unidades de Conservação: a Reserva Estadual Biológica de Araras, que abrange os municípios de Petrópolis e parte de Miguel Pereira e o Monumento Natural Estadual da Serra da Maria Comprida, que abrange o município de Miguel Pereira, juntamente com suas respectivas Zonas de Amortecimento. Utilizando técnicas para a compilação de diferentes classes de paisagem, suas áreas correspondentes e a porcentagem ocupada por cada classe, o estudo gerou e avaliou informações significativas relacionadas a dinâmica supracitada.

Os principais resultados obtidos foram referentes as mudanças temporais que cada classe passou ao longo da série histórica de 37 anos (1985-2022). A análise integrada com o Cadastro Ambiental Rural (CAR) proporcionou uma compreensão mais abrangente das propriedades na região e sua relação com as Unidade de Conservação, uma vez que índices de desmatamento foram observados nos limites de propriedades. Além disso, a proximidade de propriedades em áreas sujeitas a desmatamento destaca a necessidade de monitoramento e gestão efetiva para evitar impactos negativos na Reserva. A concentração do desmatamento no

Município de Miguel Pereira, particularmente no Vale das Princesas, destaca áreas críticas que exigem atenção especial e intervenções para preservar a integridade da Unidade de Conservação. O conflito entre práticas agrícolas e a extensão para áreas da reserva reforça a necessidade de estratégias de gestão das unidades de conservação.

Os resultados obtidos relativos às mudanças temporais no uso da terra podem servir como instrumento para a confecção do plano de manejo da Unidade de Conservação (UC) homologada em julho de 2022, uma vez que demonstram áreas de maior conflito associadas a propriedades cadastradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), além disso podem auxiliar no zoneamento do MONAMSC.

A gestão da Reserva Biológica Estadual de Araras tem sido eficaz na preservação, mas há necessidade de expandir o monitoramento em áreas com maiores conflitos, como observado na Região do Vale das Videiras e Vale das Princesas.

A homologação do Monumento Natural como uma unidade de conservação revela-se uma alternativa viável, evitando a desapropriação de propriedades, uma vez que promovam conservação dos recursos e atividades humanas. Contudo, é crucial destacar a necessidade contínua de monitoramento, gestão efetiva, e a confecção do plano de manejo.

Embora as áreas tenham apresentado um baixo nível de antropização, é de suma importância implementar uma gestão integrada. As informações geradas podem significativamente contribuir para futuros processos de gestão das unidades de conservação mencionadas, bem como para a elaboração do plano de manejo. Isso favorecerá as tomadas de decisão *in loco* e na otimização de recursos, com o objetivo de adequar as propriedades situadas nas respectivas zonas de amortecimento e no MONAMSC.

Como algumas sugestões para estudos futuros e projetos:

- Continuidade da geração dessas informações para acompanhar os desdobramentos e avanços das dinâmicas que ocorrem nesses territórios;
- Ampliar o número de métricas de paisagem para melhor avaliação das áreas;
- Realizar uma nova análise integrada com o CAR, com o intuito de verificar a ativação das propriedades incluídas no estudo, bem como avaliar suas áreas de reserva legal
- Realizar trabalhos de campo para avaliar Estágios Sucessionais das áreas que apresentaram regeneração da vegetação;

6. REFERÊNCIAS

Arraz, R. M., Marques, E. E., & Ribeiro, L. da S. (2022). Analyze of the dynamics temporal of use and occupation from soil in the county of Conceição do Araguaia-PA (1985-2020). Research, Society and Development, 11(8). https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31026

Bertrand, G.Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. (2004). Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Ra'e ga : O Espaço Geográfico em Análise. Curitiba: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Brasil. (1979). Lei nº 6766/1979. (Parcelamento do Solo Urbano). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Acesso em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acessado em 20 de julho de 2023.

Brasil (2006) Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Acesso em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acessado em 04 de dezembro de 2023.

Brasil (2012) Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Acesso em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acessado em 04 de dezembro de 2023.

Brasil, (2000) Lei nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) Planalto. Acesso em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.html. Acessado em 10 de agosto

Cadastro Ambiental Rural. (2023). Downloads de municípios. CAR.

Congedo, L., (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6, 3172, https://doi.org/10.21105/joss.03172

Dantas, M., Shinzato, E., Medina, A., Silva, C., Pimentel, J., Lumbreras, J., Calderano, S., & Carvalho Filho, A. (2000). Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2000. p. 76. Acesso em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel_proj_rj_geoambiental.pdf. Acessado em 16 de agosto de 2023.

Dutra, D., Brianezi, D., & Coelho, C. (2020). Uso de Geotecnologias para Análise da Dinâmica da Vegetação da Sub-bacia do Ribeirão Serra Azul, MG. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, 43, 283-292. https://doi.org/10.11137/2020_4_283_292

Faustino, A. B., Ramos, F. F., & Silva, S. M. P. da. (2014). Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto

e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. Sociedade e Território, 26, 18–30. https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/5305

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. Science, 309, 570–574. 10.1126/science.1111772

Gamarra, M. C., et al. (2016). Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no cerrado. Ra'e Ga, 37, 307-332. http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.42454.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: planetary geospatial analysis for all. Remote Sensing of Environment, 202, 18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). Manual Técnico de Uso da Terra. Rio de Janeiro: IBGE. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7). 170p.

IBGE, (2022) Malha do Município de Petrópolis [WWW Document]. URL https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/petropolis.html (Acessado em 15/10/2023).

INEA. (2021). Serra da Maria Comprida, Petrópolis – RJ. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente. 108p. Disponível: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/03/1-Estudo-T%C3%A9cnico-de-Cria%C3%A7%C3%A3o-MONASMC_.pdf. Acessado em 10 de agosto de 2023.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. (2010). Plano de Manejo Reserva Biológica de Araras. Secretaria de Estado do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA. 207p. Disponível: https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/RBA-PM.pdf. Acessado em 01 de julho de 2023.

Jung, M. (2016). LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. Ecological Informatics, 31, 18-21. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006

Mateo Rodriguez, J. M., da Silva, E. V., & Cavalcanti, A. P. B. (2022). Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental (6ª ed.). Fortaleza: Imprensa Universitária. 332 p.

Lino, C. F., & Albuquerque, J. L. (2007). Mosaicos de unidades de conservação no corredor da Serra do Mar (Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Conservação e Áreas Protegidas, 32). São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 97p.

Lira, P. K., Tambosi, L. R., Ewers, R. M., & Metzger, J. P. (2012). Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. Forest Ecology and Management, 278, 80–89. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.008

MapBiomas. (2022). General "Handbook" Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 7 Version 1.0. Ed. MapBiomas. 52 p.

MapBiomas, (2022) Projeto MapBiomas Acesso em: https://mapbiomas.org/ Acessado em 15 de outubro de 2023.

Martins, E. S., Reatto, A., Carvalho Júnior, O. A., & Guimarães, R. F. (2004). Ecologia de Paisagem: Conceitos e Aplicações Potenciais no Brasil. Documentos Técnicos 121. Planaltina, Embrapa Cerrados. 33p.

McGarigal, K.; Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 351. 122 p. https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351

Menon Júnior, W., & Zaidan, R. (2014). Movimentos de massa na bacia hidrográfica do córrego do Yung – Juiz de Fora/MG: interpretações a partir da utilização do modelo SINMAP. Revista Geonorte, 5(14), 193–198. Disponível: https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1301?articlesBySimilarityPage=24. Acessado em 01 de agosto de 2023

Metzger, J. P. (1997). Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of south-east Brazil. Landscape and Urban Planning, 37, 29-35. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(96)00367-2

Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia de paisagens? Biota Neotropica, 1, 1-9. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006

Miceli, B. S., Fernandes, M. C., & Estrada, A. F. D. (2015). Análise temporal da cobertura e uso da terra através de observações em superfície modelada na APA Petrópolis, Rio de Janeiro. Revista Geo UERJ, 26, 211-225. https://doi.org/10.12957/geouerj.2015.12411

O'Donohue, D. (2022, 9 de dezembro). What is a SHP file? MapScaping. Disponível: https://mapscaping.com/what-is-a-shp-file/. Acessado em: 20 de novembro de 2023.

Palmieri, R. H., Verissimo, A., & Ferraz, M. (2005). Guia de Consultas Públicas para Unidades de Conservação (1a ed.). Piracicaba: Imaflora. 88p.

QGIS Development Team. (2022). QGIS Geographic Information System. Versão 3.28 'Firenze.

Rio de Janeiro (2012). Decreto n° 43.488, de 28 de fevereiro de 2012. Ratifica a Criação e Amplia a Área da Reserva Biológica de Araras. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em 03 de dezembro de 2023.

Riondet-Costa, D., Botezelli, L., Silva, B., & Farias, O. (2013). Zonas de Amortecimento em Unidades de Conservação: levantamento legal e comparativo das normas nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 27, 1-14. https://doi.org/10.5380/dma.v27i0.28036.

Ritter, L. M. O., & Moro, R. S. (2012). As bases epistemológicas da ecologia da paisagem. Journal of Biotechnology and Biodiversity, 3, 58-61. https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v3n3.ritter

Rodrigues, R. de B., Araújo, S. M. S. de ., Bezerra, M. F., & Sousa, L. A. de . (2022). Analysis of the spatial and temporal dynamics of land use and occupancy in the municipality of Condado-PB (1989-2018). Research, Society and Development, 11, 18. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26001

Santos, M. L. F., Sousa, L. H. G., & Silva Neto, C. F. (2011). Análise do uso e ocupação do solo da Área de Proteção Ambiental Tambaba – litoral sul da Paraíba. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Disponível: http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.12.14.08/doc/p1093.pdf . Acessado em: 20 de agosto de 2023.

Santos, M. (2003). A Natureza do Espaço: Técnica, Razão e Emoção (3ª ed.). São Paulo: Edusp. 392p.

Saito, N. S., Arguello, F. V. P., Moreira, M. A., Santos, A. R. dos, Eugenio, F. C., & Figueiredo, A. C. (2016). Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. CERNE, 22, 11–18. https://doi.org/10.1590/01047760201622011935

SEAS/INEA. (2018). Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro: Subsídios ao Planejamento e Ordenamento Territorial. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Ambiente, Instituto Estadual do Ambiente. 446p. Disponível: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Livro_Atlas-dos-Mananciais-de-Abastecimento-do-Estado-do-Rio-de-Janeiro.pdf.Acessado em 10 de agosto de 2023. Acessado em 5 de julho de 2023.

Song, X.-P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. Nature, 560, 639-643. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9

Souza, C. M. Jr., Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., ... Souza-Filho, P. W. M., et al. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing, 12, 2735. https://doi.org/10.3390/rs12172735

Troll, C. (1971). Landscape ecology (geoecology) and biogeocenology — A terminological study. Geoforum, 2(4), 43-46. https://doi.org/10.1016/0016-7185(71)90029-7

Turner, B. L., Lambin, E. F., & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104, 20666–20671. doi:10.1073/pnas.0704119104

Zaidan, R. T. (2017). Geoprocessamento: Conceitos e Definições. Revista de Geografia – PPGEO – UFJF, 7. https://doi.org/10.34019/2236-837X.2017.v7.18073

Zaidan, R. T. (2002). Zoneamento de Áreas com Necessidade de Proteção Ambiental no Parque Estadual do Ibitipoca - MG. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.