

ESTUDO DO USO DO SOLO E REMANESCENTES FLORESTAIS DE CAPIVARI E REGIÃO POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Carlos Benjamim Pazzianotto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Capivari.

carlos.pazzianotto@aluno.ifsp.edu.br

Caio Hamamura

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Capivari.

caio.hamamura@ifsp.edu.br

Resumo

O estudo do uso do solo é importante para entender as mudanças que ocorrem em uma determinada região em razão das atividades antrópicas. O presente trabalho com o suporte de software de geoprocessamento em conjunto com imagens de satélite e ferramentas de análise de dados, tem como objetivo avaliar o uso e ocupação do solo no município de Capivari-SP. Obteve-se imagens de satélite junto a organização Mapbiomas que foram reclassificadas para cálculo das áreas das classes de uso do solo específicas do município, realizou-se o balanço do uso ao longo do tempo e o uso do solo pelas propriedades rurais. Foram apresentadas informações de uso do solo de 1985 a 2021, um balanço de como ocorreram as transformações e as informações de distribuição do uso por propriedades rurais. Concluiu-se que a utilização de ferramentas SIG e da linguagem de programação Python e suas bibliotecas, permitiram a realização de análise de dados obtidas em imagens de satélite para apuração do uso do solo. Demonstrou-se a predominância da cultura da cana de açúcar no município, quantificou-se as atividades antrópicas e as propriedades rurais. Gerou-se mapas e informações sobre o uso do solo que podem servir como fonte para os agentes públicos municipais na elaboração de políticas públicas e planos diretores.

Palavras-chave: Uso do solo; Remanescentes Florestais; Imagens de satélite.

Study of soil use and forest remnants of capivari and region using satellite images

Abstract

The study of land use is important to understand the changes that occur in a given region due to anthropic activities. The present work with the support of geoprocessing software in conjunction with satellite images and data analysis tools, aims to evaluate the land use and occupation in the municipality of Capivari-SP. Satellite images were obtained from the

Mapbiomas organization that were reclassified to calculate the areas of the land use classes specific to the municipality, and the balance of use over time and land use by rural properties were performed. Land use information was presented from 1985 to 2021, a balance of how the transformations and distribution information of the use by rural properties occurred. It was concluded that the use of GIS tools and python programming language and their libraries allowed the performance of analysis of data obtained in satellite images to investigate land use. The predominance of sugarcane culture in the municipality was demonstrated, anthropic activities and rural properties were quantified. Maps and information on land use were generated that can serve as a source for municipal public agents in the development of public policies and master plans.

Keywords: Land use; Forest Remnants; Images of satellite.

1 INTRODUÇÃO

O território ocupado pelo homem sofre alterações em razão das atividades econômicas necessárias para sua subsistência. Elementos espaciais urbanos e rurais passam por mutações que têm como objetivos a produção de alimentos e energia. A ocupação sem o ordenamento ocasiona impactos ambientais como a redução da cobertura vegetal da terra e processos de urbanização sem regras.

Young (2001, p. 25) aponta que "O modelo de desenvolvimento econômico baseado na exploração dos recursos naturais, sendo um dos maiores objetivos do século a busca pelo equilíbrio ambiental", o que evidencia o desafio de alcançar um equilíbrio entre ocupação de espaços, desenvolvimento econômico e meio ambiente.

Os estudos e análises sobre uso de solo surgiram com a intenção de ajudar mitigar os desequilíbrios provocados pelas alterações do homem ao ambiente. Os estudos e análises levantam informações durante períodos e conforme Araújo Filho, Meneses e Sano (2007, p.172) "A obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisões".

A informação é um ativo importante para a tomada de decisões e pode auxiliar na busca do equilíbrio sobre as atividades antrópicas que geram impactos ambientais. Tanto as informações do passado quanto as atuais são um importante subsídio para que se tenha sucesso quando se deve tomar alguma decisão.

O presente trabalho pretende fornecer informações sobre o uso e ocupação da terra da região de Capivari-SP utilizando softwares, imagens de satélite e análises de dados de modo a

servir como subsídio para gestores públicos e privados, planos diretores, políticas públicas e planejamento da ocupação de caráter local.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os termos, procedimentos e conceitos usados no desenvolvimento do estudo têm como base as ideias e transcrições de diversos autores e/ou entidades tratados a seguir:

2.1. Uso do Solo

Conforme IBGE (2013) o levantamento da Cobertura e do Uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Comportam análises e mapeamentos que são de utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo-se ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Permite a construção de indicadores ambientais que contribuem para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento.

2.2. Uso do solo e a distribuição fundiária

O conhecimento do uso da terra em conjunto com a distribuição fundiária de um território mostra aspectos importantes para o seu gerenciamento, conforme Talaska e Etges (2013)

Num país de dimensão continental como o Brasil, marcado por profundas desigualdades socioeconômicas e espaciais, onde existe uma grande carência de informações precisas para o planejamento e gestão do território, conhecer como se dá o uso e a ocupação da terra torna-se a premissa para qualquer tomada de decisão. Ter o conhecimento fidedigno da distribuição das propriedades pelo espaço físico – a estrutura fundiária – é fator determinante para se traçar o perfil de políticas para o território.

2.2.1. CAR - Cadastro Ambiental Rural

O CAR é um instrumento utilizado pelo Ministério da Agricultura onde o proprietário rural declara informações de suas propriedades com a contrapartida de obter recursos governamentais para suas atividades. Foi criado pela Lei nº 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, e regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2, de 5 de maio de 2014, e todas as informações contidas no CAR são públicas. Conforme Cadastro Agroambiental Rural (2022a),

O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes às Áreas de Preservação Permanente - APP, de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

2.3. Mudanças temporais no uso do solo

As mudanças do uso da terra ao longo do tempo sofrem alterações em virtude de mudanças socioeconômicas (aumento de ocupação urbana), mudanças no sistema produtivo (troca de culturas agrícolas) e outras. Conforme Beltrame, Bittencourt e Jansen (2009, p.1261)

Detectar mudanças significa identificar alterações na superfície terrestre por meio da análise de imagens da mesma cena coletadas em diferentes datas. A análise multi-temporal de imagens de satélite permite a avaliação de dinâmicas espaciais como os processos de urbanização, catástrofes naturais e outras alterações na paisagem.

2.4. Classificação para a cobertura e o uso do solo

Utiliza-se o termo classes para diferenciar os usos do solo que serão analisados.

Segundo IBGE(2013, p.43)

[...]classificar é agrupar objetos, elementos e eventos em conjuntos levando-se em conta suas propriedades, consoante um método ou sistema de avaliação. As abstrações mentais de classificação do real são arquitetadas para atender a certos propósitos e as necessidades do usuário.

2.4.1. Caracterização das classes no Mapbiomas para o bioma Mata Atlântica

As classes a seguir serão utilizadas no estudo e suas descrições foram obtidas em Plataforma Mapbiomas (2022b):

- Florestas: Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea;
- Formação natural: Savanas e Savanas-Estépicas Parque e Gramíneo-Lenhosa, Estepe e Pioneiras Arbustivas e Herbáceas;
- Pastagem: Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas;
- Cana de açúcar: Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar;
- Outras culturas: Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir;

- Silvicultura: Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária);
- Mosaico de usos: Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura;
- Área urbanizada: Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura;
- Águas: Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água. Área referente a lagos artificiais, onde predominam atividades aquícolas e/ou de salicultura.

2.5. Biomas

Para caracterizar as classes de uso do solo cumpre conhecer o bioma em que o território de estudo se situa. Conforme Coutinho (2006, p.14) define-se bioma como

[...]uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros. Estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria[...]

2.6. SIG - Sistema de Informações Geográficas

A sigla SIG deriva do inglês GIS é definido por Eastman (1997) como "um sistema auxiliado por computador para a aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos".

2.6.1. QGIS

O *QGIS (Quantum GIS)* (QGIS Development Team, 2009) foi inicialmente desenvolvido por Gary Sherman. Trata-se de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto lançado sob a licença *GNU General Public License (GPL)*, a qual o código fonte pode ser inspecionado e alterado. O software executa em *Linux/Unix, Windows e MacOS*. Foi desenvolvido nas linguagens C++ e Python. Como forma de comunicação com os usuários o software apresenta interface gráfica e também uma console para emissão e respostas a comandos de linha. O objetivo inicial do software definia-o como um visualizador de dados geográficos, com a evolução do projeto implementou-se o suporte a variados

formatos de dados como os vetoriais e os de tipo raster o que proporcionou a efetuação de análises e apresentações de mapas mais elaborados.

2.6.1.1. Dados raster

O raster ou matricial é o formato de dados mais antigo e também é conhecido como estrutura de grid (grelha). Conforme Hamada e Gonçalves (2007), define-se malha (grade) pelo número de linhas e coluna e a célula (píxel) é a unidade elementar da superfície do objeto de estudo.

2.6.1.2. Dados vetoriais

Dados vetoriais ou poligonais são definidos por uma série de pontos (coordenadas x, y) que são usados para definir o objeto de interesse. Segundo Hamada e Gonçalves (2007), descreve-se um objeto pontual por ponto, uma linha é descrita por um conjunto de pontos e um polígono é definido por uma linha fechada com pontos inicial e final superpostos.

O *QGIS* permite a incorporação de plugins que são porções de softwares com o objetivo de resolução de problemas específicos. Seguem-se os plugins utilizados neste trabalho.

2.6.1.3. Plugin LecoS

O *plugin LecoS - Landscape Ecology Statistics* (JUNG, 2016) permite quantificar paisagens a partir de imagens. É uma ferramenta gratuita e de código aberto capaz de calcular métricas de paisagem de maneira automatizada.

2.6.1.4. Plugin SCP

O objetivo do *plugin SCP Semi-Automatic Classification Plugin* (CONGEDO, 2021) é oferecer ferramentas para processamento de imagens *raster* com a finalidade de realizar classificações da ocupação do solo. Além do módulo de classificação, o SCP integra outras ferramentas para o processamento de imagens.

2.7. Python

Utilizou-se neste trabalho a linguagem de programação Python (ROSSUM; DRAKE, 2009) como um suporte para validação dos dados do CAR (Cadastro Ambiental Rural). Essa linguagem apresenta pacotes que podem ser importados ao código facilitando o desenvolvedor. Seguem os pacotes que foram incorporados aos códigos para as análises.

2.7.1. Jupyter-notebook

O *jupyter notebook* que de acordo com Beg et al. (2021) é uma plataforma de computação interativa baseada na *web* que permite que se crie hipóteses baseadas em dados e códigos que executam on-line e que pode ser facilmente compartilhada com outros atores. O *jupyter notebook* pode ser executados em outras linguagens como *Julia*, *R*, *Haskell*, *Bash*. Os recursos do software facilitam a integração e a comunicação científica.

2.7.2. Matplotlib

Conforme Hunter (2007) O *matplotlib* é um pacote gráfico usado para desenvolvimento de aplicativos, scripts interativos, e geração de imagens com qualidade de publicação. É um pacote Python que pode ser usado interativamente a partir do *shell* Python, ou em conjunto com outros aplicativos como o *jupyter notebook*, como foi utilizado neste trabalho.

2.7.3. Seaborn

O *seaborn* é um pacote Python destinado a visualizações de dados baseado no *Matplotlib* com possibilidades de oferecer mais sofisticções nos gráficos produzidos. Conforme Seaborn (2022) a interface é mais intuitiva que a do *Matplotlib* e o software mapeia os valores de dados para atributos visuais como como cor, tamanho ou estilo e calcula internamente as transformações estatísticas.

2.7.4. Geopandas

GeoPandas é um projeto de código aberto (JORDAHL, 2014) do Python que auxilia nos trabalhos com dados geoespaciais. *GeoPandas* utiliza-se de uma outra biblioteca chamada *Pandas* (PANDAS, 2022) utilizada para análise de dados e estatística o que estende o seu

potencial.

2.8. Google Earth Engine

O Google Earth Engine é uma plataforma baseada em nuvem que facilita o acesso aos recursos de computação para processar grandes conjuntos de dados geoespaciais (GORELICK et al., 2017).

2.9. Mapbiomas

As imagens de satélite utilizadas no presente trabalho foram obtidas no Mapbiomas. De acordo com Rosa (2020), a iniciativa MapBiomas é uma rede colaborativa com a participação de especialistas em biomas, uso da terra, sensoriamento remoto, Sistema de Informações Geográficas (SIG) e ciência da computação. Esta iniciativa foi organizada com o objetivo de gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil.

A plataforma MapBiomas versão 7.0 (PROJETO MAPBIOMAS, 2022) disponibiliza os mapas anuais de cobertura e uso da terra de 1985 a 2021 e são baseadas no satélite *Landsat* 8.

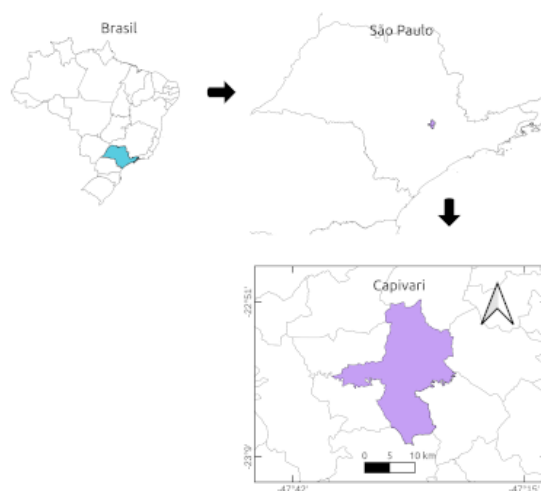
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Neste trabalho estudou-se a área compreendida pelo município de Capivari-SP que em sua área rural vem sofrendo transformações mas que baseia-se ainda no cultivo da cultura da cana de açúcar e que permite a observação da ocupação do solo em um período de tempo. A sede do município localiza-se na latitude 22°59'42" S e longitude 47°30'28" e altitude de 512m. Conforme a Prefeitura Municipal de Capivari, SP (2021), o município tem como vizinhos: Elias Fausto, Mombuca, Monte Mor, Porto Feliz, Rafard, Rio das Pedras e Santa Bárbara d'Oeste. Distancia-se da capital do estado a 108 km em linha reta. A área do município é de 322,878 Km², a densidade demográfica é de 150,45 habitantes/km², sua população é de 56.973 habitantes (IBGE, 2021). Passam pelo município as rodovias SP-101 (Rodovia Francisco Aguirre de Proença), SP-306 (Rodovia Américo Emilio Romi) e SP-308 (Rodovia do Açúcar). O município é drenado pelo Rio Capivari. O município tem seu

território localizado no bioma "Mata Atlântica". A Figura 1 mostra a localização do município.

Figura 1 – Localização do município de Capivari-SP



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Obtenção de imagens da área de estudo

Na elaboração do trabalho, foram utilizadas imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros obtidas junto ao projeto Mapbiomas. Para obtenção das imagens do Mapbiomas utilizou-se a plataforma Google Earth Engine. Seguem-se os passos de obtenção:

1. Processou-se arquivo em formato shapefile obtido em IBGE (2022) no software QGIS, utilizando-se os procedimentos:

- a) Obter camada que englobe toda a área de estudo;
- b) Utilizar os limites municipais do IBGE pelo servidor Geoftp: <https://geoftp.ibge.gov.br/>;
- c) Obter os dados no item Organização do Território/malhas_territoriais/malhas_municipais/município_2021(ou mais recente)/ Ufs/SP (ou outro de interesse)/SP_municipios_2021.zip;
- d) Realizar a transferência do arquivo para o computador local;
- e) Extrair os dados comprimidos pelo aplicativo unzip;
- f) Abrir o aplicativo Qgis;

- g) No item de menu "Camada", escolher "Adicionar Camada" e "Adicionar camada vetorial";
- h) Selecionar e abrir o arquivo SP_Municipios_2021.shp;
- i) Escolher "Adicionar";
- j) Utilizar-se do botão direito do mouse na camada SP_Municipios_2019 e escolher a opção "Abrir tabela de atributos";
- k) Encontrar o nome do município "Capivari" e apertar no número da linha à esquerda;
- l) O limite do município ficará destacado;
- m) Apertar o botão direito na camada SP_Municipios_2019 e escolher a opção "Exportar"/ "Salvar Feições";
- n) Na janela "Salvar camada vetorial como", escolher o formato: "GeoPackage";
- o) em "Nome do arquivo" apertar em "buscar" para localizar um diretório para armazenar o arquivo com os limites processado;
- p) Para o item "SRC", escolha o EPSG 7390 PROJEÇÃO EQUIVALENTE DE ALBERS;
- q) Marcar "Salvar somente feições selecionadas" e escolha "OK";
- r) Remover a camada SP_Municipios_IBGE_2019;
- s) Para a camada restante (com os limites) escolher "propriedades"/ "Simbologia" para fazer escolhas de apresentação da camada dos limites;
- t) Finalização do procedimento.

2. Extraíu-se o limite do município de Capivari;

3. Transferiu-se o arquivo com o limite de município para o Google Earth Engine;

4. Executou-se o script mapbiomas-user-toolkit-lulc.js que permite escolher o limite do município transferido e os dados referentes aos anos de 1985 até 2021;

5. Obteve-se os arquivos do município para cobertura do solo que serão objetos da análise.

3.2.1. Reclassificação das imagens

As classes apresentadas nas imagens capturadas no Mapbiomas apresentam ocorrências de uso e cobertura de solo para todo o país, como a região de estudo apresenta um subconjunto dessas classes (culturas, corpos d'água, florestas bem específicos) é necessário uma reclassificação.

A pré-classificação do Mapbiomas pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Classes Mapbiomas.



Códigos das classes de cobertura e uso da terra e paleta de cores utilizadas na Coleção 7 do MapBiomas

COLEÇÃO 7 - CLASSES	COLLECTION 7 - CLASSES	NEW ID	Color number	
1. Floresta	1. Forest	1	129912	
1.1 Formação Florestal	1.1. Forest Formation	3	006400	
1.2. Formação Savânica	1.2. Savanna Formation	4	32CD32	
1.3. Mangue	1.3. Mangrove	5	687537	
1.5. Restinga Arborizada	1.5. Wooded Sandbank Vegetation	49	6b9932	
2. Formação Natural não Florestal	2. Non Forest Natural Formation	10	BBFCAC	
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2.1. Wetland	11	45C2A5	
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland	12	B8AF4F	
2.3. Apicum	2.3. Hypersaline Tidal Flat	32	968c46	
2.4. Afloramento Rochoso	2.4. Rocky Outcrop	29	#FF8C00	
2.5. Restinga Herbácea	2.5. Herbaceous Sandbank Vegetation	50	66ffcc	
2.6. Outras Formações não Florestais	2.6. Other non Forest Formations	13	BD876B	
3. Agropecuária	3. Farming	14	FFFFB2	
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15	FFD966	
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18	E974ED	
3.2.1. Lavoura Temporária	3.2.1. Temporary Crop	19	D5A6BD	
3.2.1.1. Soja	3.2.1.1. Soybean	39	c59ff4	
3.2.1.2. Cana	3.2.1.2. Sugar cane	20	C27BA0	
3.2.1.3. Arroz	3.2.1.3. Rice	40	982c9e	
3.2.1.4. Algodão (beta)	3.2.1.4. Cotton (beta)	62	660066	
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	3.2.1.5. Other Temporary Crops	41	e787f8	
3.2.2. Lavoura Perene	3.2.2. Perennial Crop	36	f3b4f1	
3.2.2.1. Café	3.2.2.1. Coffee	46	cca0d4	
3.2.2.2. Citrus	3.2.2.2. Citrus	47	d082de	
3.2.2.3. Outras Lavouras Perenes	3.2.2.3. Other Perennial Crops	48	cd49e4	
3.3. Silvicultura (monocultura)	3.3. Forest Plantation	9	935132	
3.4. Mosaico de Usos	3.4. Mosaic of Uses	21	FFFC3	
4. Área não Vegetada	4. Non vegetated area	22	EA9999	
4.1. Praia, Duna e Areal	4.1. Beach, Dune and Sand Spot	23	DD7E6B	
4.2. Área Urbanizada	4.2. Urban Area	24	af2a2a	
4.3. Mineração	4.3. Mining	30	8A2BE2	
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	4.4. Other non Vegetated Areas	25	FF99FF	
5. Corpo D'água	5. Water	26	0000FF	
5.1 Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33	0000FF	
5.2 Aquicultura	5.2. Aquaculture	31	29EEE4	
6. Não observado	6. Non Observed	27	D5D5E5	

Fonte: Mapbiomas.

Utilizando-se o software QGIS e arquivos obtidos pelo Google Earth Engine obteve-se o mapa sobre a ocupação de solo do município de Capivari-SP no ano de 2021 com as seguintes categorias de ocupação reclassificadas: “Floresta”, “Formação natural”, “Pastagem”, “Cana de açúcar”, “Soja”, “Outras culturas”, “Silvicultura”, “Mosaico de usos” e “Área urbanizada”. A correspondência entre as classes reclassificadas e as classes pré classificadas no Mapbiomas pode ser verificada na Tabela 1.

Tabela 1 – Reclassificação dos itens do Mapbiomas.

Novo Id	Classe	Ids referente ao Mapbiomas
1	Floresta	3 – 4 -5 – 49
2	Formação natural	11 -12 – 13 - 32
3	Pastagem	15
4	Cana de açúcar	20
5	Soja	39
6	Outras culturas	40 – 41 – 46 – 47 – 48
7	Silvicultura	9
8	Mosaico de usos	21
9	Área urbanizada	23 – 24 – 25
10	Águas	31 - 33

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2. Obtenção das áreas das classes de uso do solo das imagens

De posse das imagens reclassificadas, utilizou-se o plugin LecoS para fazer os cálculos das áreas ocupadas no município pelas classes de uso do solo.

3.3. Balanço de mudanças do uso do solo ao longo do tempo

Com as imagens de satélite entre os anos 1985 e 2021, obteve-se um balanço das mudanças ocorridas entre os 37 anos comparando-se a imagem do ano 2021 com a imagem do anos de 1985.

Determinou-se o motivo das alterações classificando-as em seis tipos, a saber:

- Alterações naturais;
- Alterações de Desflorestamentos;
- Sem alterações (Inalterados);
- Alterações de Reflorestamento;
- Alterações Antrópicas;
- Alterações nas Águas;

Para as análises das mudanças e comparações e a geração de dados acerca das transformações, utilizou-se o QGis com plugin SCP para realizar as reclassificações nas imagens dos anos entre 1985 e 2021.

3.4. Obtenção de informações sobre distribuição, áreas e uso do solo das propriedades rurais do município

Para a obtenção, processamento e estudo do uso de solo nas diferentes propriedades rurais pertencentes ao município de Capivari e caracterizá-las conforme suas dimensões, seguiu-se os seguintes passos:

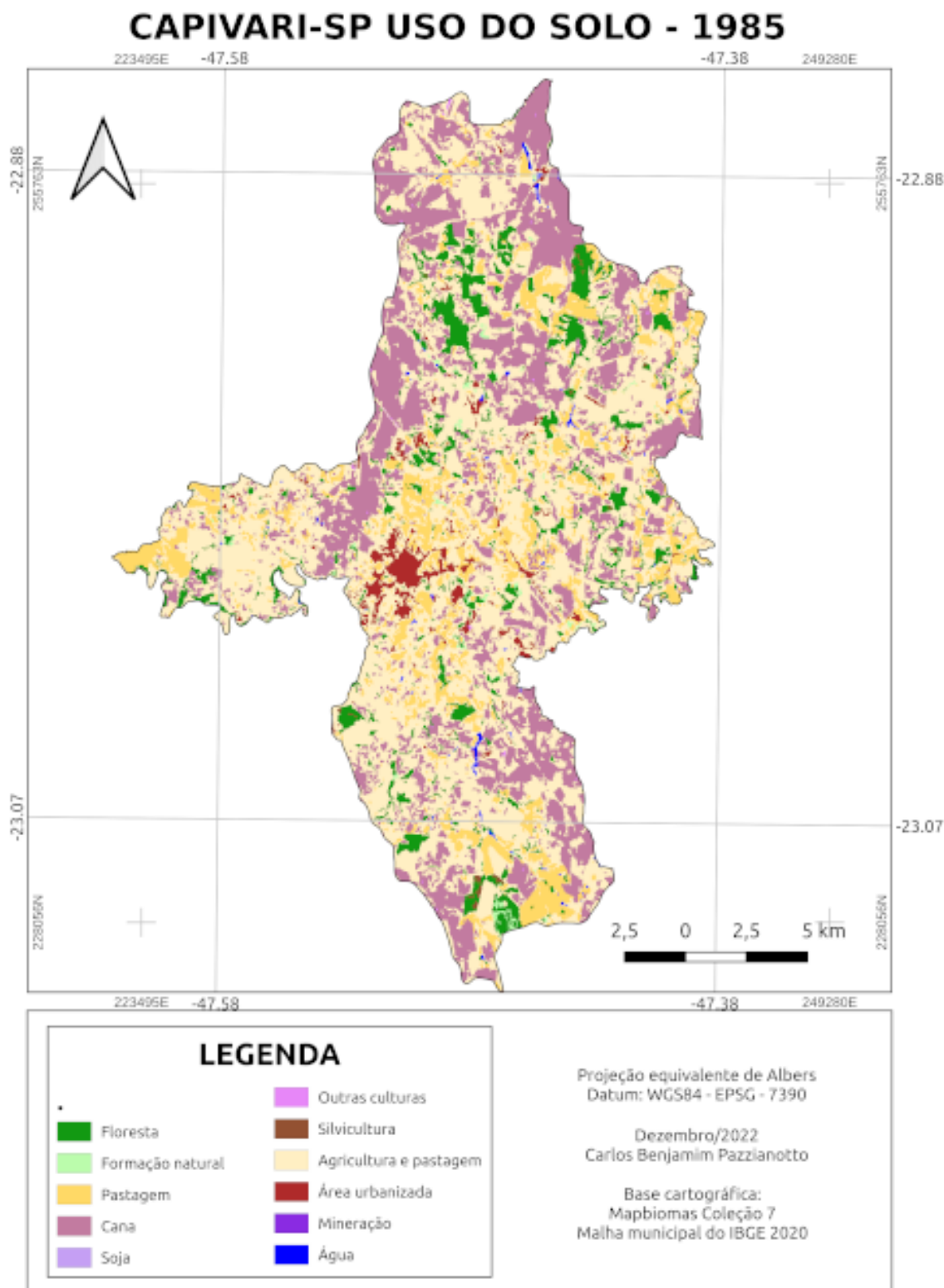
1. Obteve-se dados do das propriedades rurais junto ao CAR (CADASTRO AGROAMBIENTAL RURAL, 2022b);
2. Processou-se e os dados por scripts da linguagem de programação Python, a análise dos dados deu-se com os pacotes jupyter notebook, matplotlib, seaborn e geopandas. O *script* pode ser obtido em https://github.com/pazzi/tcc_ifsp;
3. Estratificou-se as propriedades em pequenas, médias e grandes segundo parâmetros do Módulo Fiscal (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2021);
4. Aplicou-se o mesmo processo descrito em 3.2 para os arquivos com as propriedades estratificadas para a obtenção da cobertura do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção dos dados entre os anos 1985 e 2021 através das imagens Mapbiomas descritos em 3.2 e 3.4 permitiram a elaboração de mapas reclassificados como observa-se nas Figuras 3 e 4. Além dos mapas, pretende-se expor nos tópicos a seguir, a análise de dados

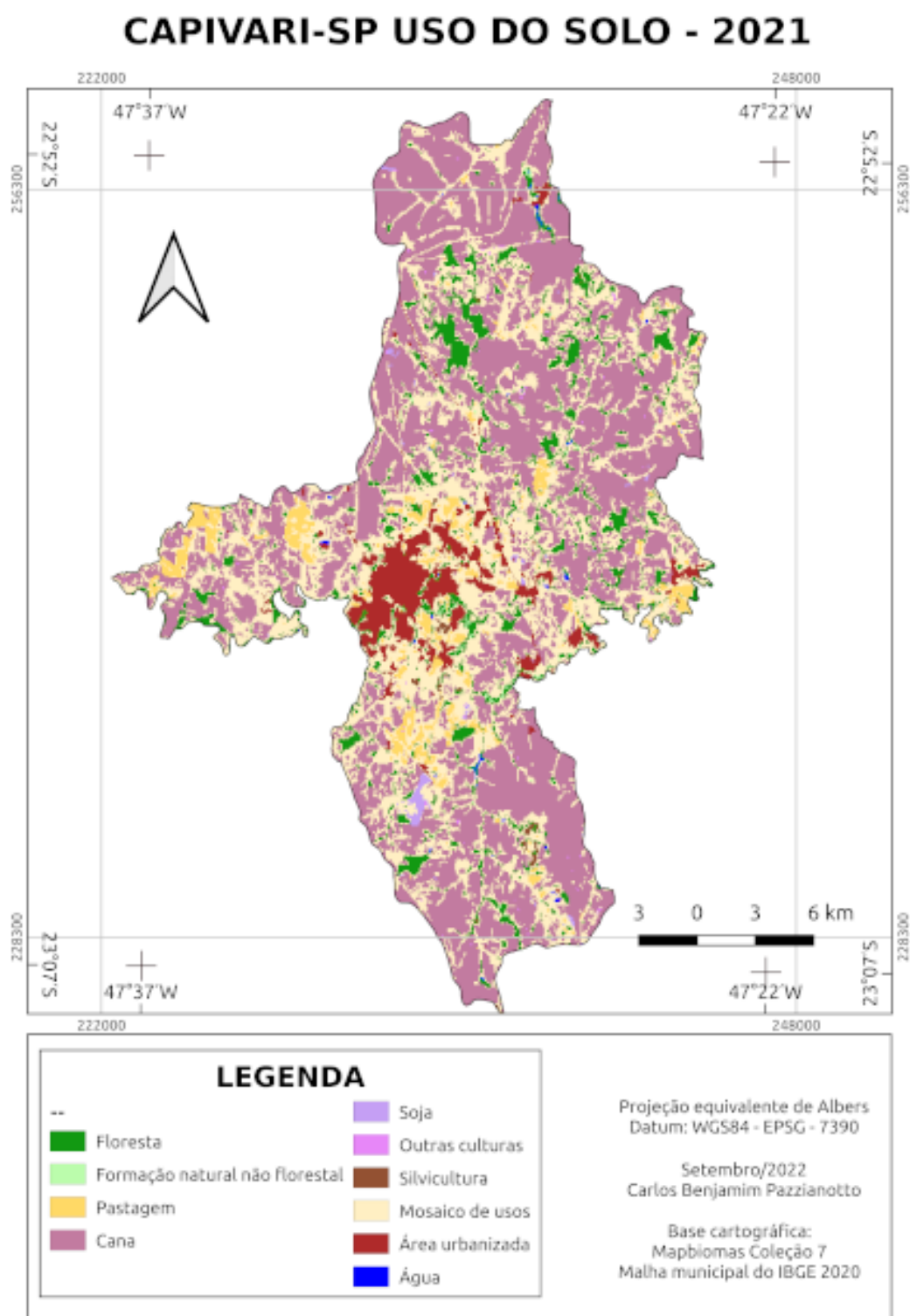
sobre as áreas ocupadas pelas novas classes, o balanço das mudanças ocorridas no período estudado e a distribuição e ocupação do solo das propriedades rurais do município.

Figura 3 – Uso do solo no município de Capivari-SP [1985]



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Uso do solo no município de Capivari-SP [2021]



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1. Comparações das áreas das classes entre os anos de 1985 e 2021

Através da Tabela 2 observa-se os dados para as respectivas classes de uso do solo do objeto do estudo referente ao ano de 1985. São informadas as áreas em hectares (ha), áreas em km² e a porcentagem de ocupação do solo da área da classe em relação a área do município.

Tabela 2 – Uso do solo em áreas e porcentagens o ano de 1985.

Classe	ha	Áreas(km²)	Variação %
Floresta	2.558,79	25,59	7,87
Formação natural	143,28	1,43	0,44
Pastagem	3.986,91	39,87	12,26
Cana de açúcar	8.725,41	87,25	26,83
Outras culturas	26,01	0,26	0,08
Silvicultura	45,45	0,45	0,14
Mosaico de usos	16.105,59	161,06	49,53
Área urbanizada	792,54	7,93	2,44
Águas	131,97	1,32	0,40

Fonte: Elaborado pelos autores.

Através da Tabela 3 observa-se os dados para as respectivas classes de uso do solo do objeto do estudo referente ao ano de 2021. São informadas as áreas em ha, áreas em Km² e a porcentagem de ocupação do solo da área da classe em relação a área do município.

Tabela 3 – Uso do solo em áreas e porcentagem do ano de 2021.

Classe	ha	Áreas(km²)	Variação %
Floresta	2.632,27	26,32	3,32
Formação natural	68,53	0,69	0,8
Pastagem	1.227,64	12,28	3,78
Cana de açúcar	16.206,54	162,07	49,84
Soja	130,64	1,31	0,40
Outras culturas	47,53	0,48	0,15
Silvicultura	82,81	0,83	0,25
Mosaico de usos	10.429,36	104,29	32,08
Área urbanizada	1.1629,75	16,30	5,01
Águas	59,78	0,59	0,18

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se nas Tabelas 2 e 3, estabilidade em áreas de Florestas (25,59 km² em 1985 para 26,32 km² em 2021) e em Formações naturais (1,43 km² em 1985 e 0,69 km² em 2021), porém as porcentagens em relação a área do município com base no ano de 2021 foram menores em relação ao país e ao estado de São Paulo:

- os índices obtidos na (PLATAFORMA MAPBIOMAS, 2022) para o Brasil é de 21,53% para Florestas e 2,95% para formação natural.
- os índices obtidos na (PLATAFORMA MAPBIOMAS, 2022) para o estado de São Paulo foram 7,27% para Florestas e 0,78% para formação natural.
- para o município, estes índices foram respectivamente 3,32% e 0,8%.

Com base nas tabelas Tabela 2 e Tabela 3 verificou-se as seguintes alterações no período:

Tabela 4 – Alterações do uso do solo no período 1985-2021.

Classe	Varição em ha	Varição em %
Floresta	73,48	+2,87
Formação natural	74,75	-52,17
Pastagem	2.759,27	-69,21
Cana de açúcar	7.481,13	+85,74
Outras culturas	21,52	+82,74
Silvicultura	37,37	+82,20
Mosaico de usos	5.676,23	-35,24
Área urbanizada	837,21	+105,64
Águas	71,89	-54,70

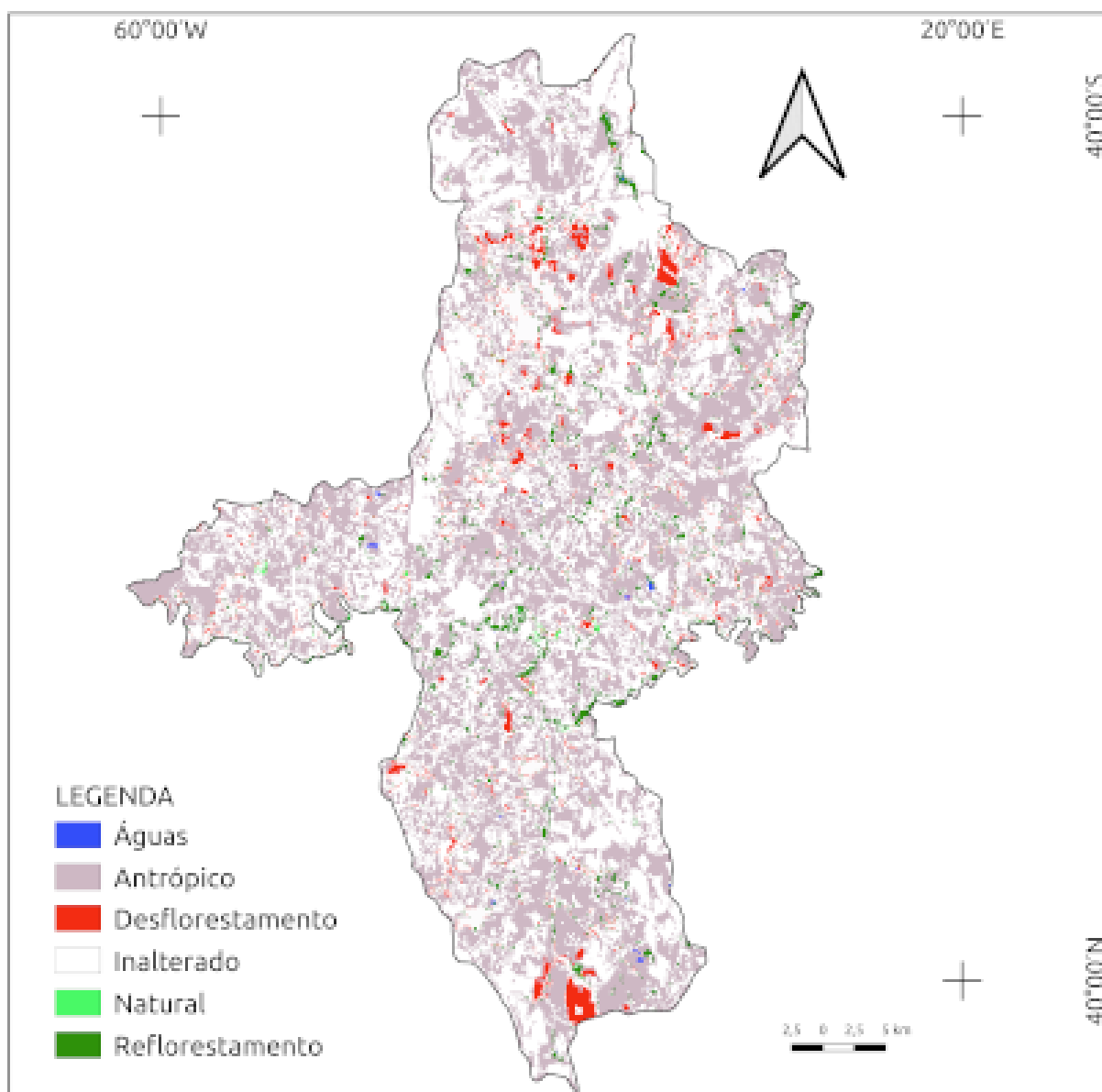
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Balanço das mudanças ocorridas entre os anos de 1985 e 2021

A Figura 5 mostra o balanço das mudanças do uso do solo ocorridas entre os anos de 1985 e 2021. Nota-se pelo mapa que as alterações foram predominantemente decorrentes de atividades antrópicas.

Figura 5 – Balanço das mudanças no uso do solo ocorridas entre 1985 e 2021

Balanço das mudanças no uso do solo entre 1985-2021 Capivari-SP



Fonte: Elaborado pelos autores.

As quantidades das áreas alteradas pelas atividades entre 1985 e 2021 para o município estão descritas na tabela 4.

Tabela 4 – Alterações ocorridas em decorrência de atividades diversas (1985 a 2021)

Atividade	Área(ha)
Antrópica	14.262,93
Desflorestamento	1.138,05
Inalteradas	15.798,06
Natural	34,38
Água	28,89
Resflorestamento	1.153,35

Fonte: Elaborado pelos autores

Os saldos de cada classe de uso do solo entre 1985 e 2021 estão contidos na Tabela 5.

Tabela 5 – Ganhos e perdas nas diversas classes entre os anos 1985 e 2021.

Classe	Ganhou(ha)	Perdeu(ha)	Varição(ha)
Cana de açúcar	9.162,09	1.680,96	+7.481,13
Área urbanizada	1.107,54	272,97	+834,57
Floresta	1.126,98	1035,45	+91,53
Silvicultura	81,99	44,64	+37,35
Outras culturas	45,72	25,65	+20,07
Águas	30,33	102,24	-71,91
Formação natural	60,75	134,46	-73,91
Pastagem	670,14	3.413,16	-2.743,02
Mosaico de usos	4.200,75	9.796,5	-5.595,75

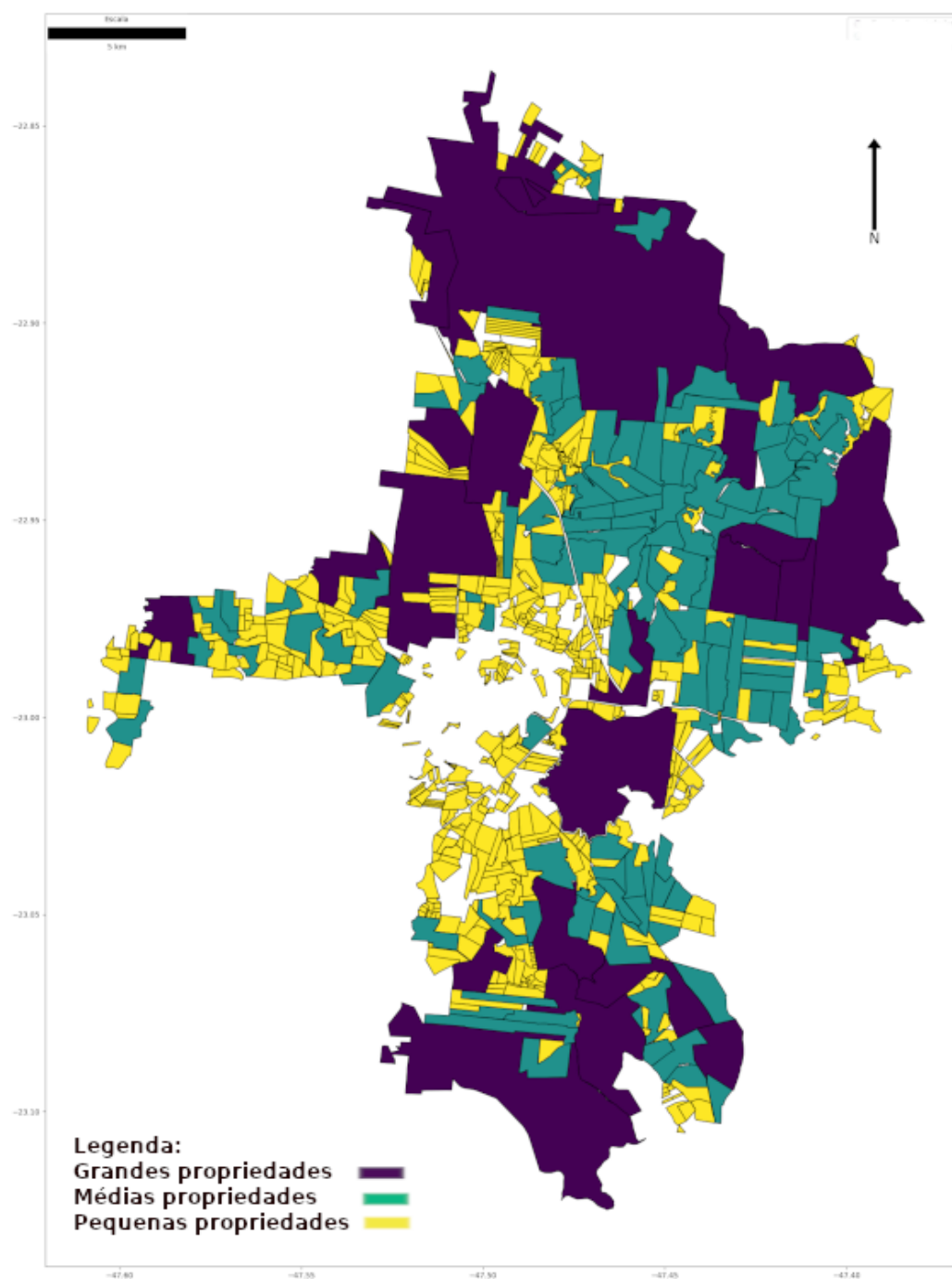
Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que a classe cana-de-açúcar avançou 7.481,13 ha no período. Considerando-se que em 1985 a cultura tomava 8.725 ha da área do município. Com o acréscimo de 7.481,13 ha a área total resultou 16.206,54 ha o que representava 50% da área do município em 2021.

4.3 Distribuição das áreas das propriedades rurais do município

Observa-se o mapa na Figura 6 com as 736 propriedades rurais localizadas no município de Capivari.

Figura 6 – Propriedades rurais com base no CAR



Fonte:

Elaborado pelos autores.

Conforme Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021) as propriedades são tipificadas conforme sua área. No município em estudo verificou-se a distribuição apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Propriedades Rurais do Município

Tipo de propriedade	Número de propriedades	Área(ha)	%
Pequenas propriedades	597	7.089,93	25,25
Médias propriedades	115	8.362,44	29,79
Grandes propriedades	24	12.624,30	44,96
Total	736	28.076,67	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na tabela 7 verifica-se a distribuição das classes de cobertura da terra nos 3 tipos de propriedades (pequena, média e grande) a porcentagem final foi calculada em razão da quantidade total de área de cada tipo de propriedade rural.

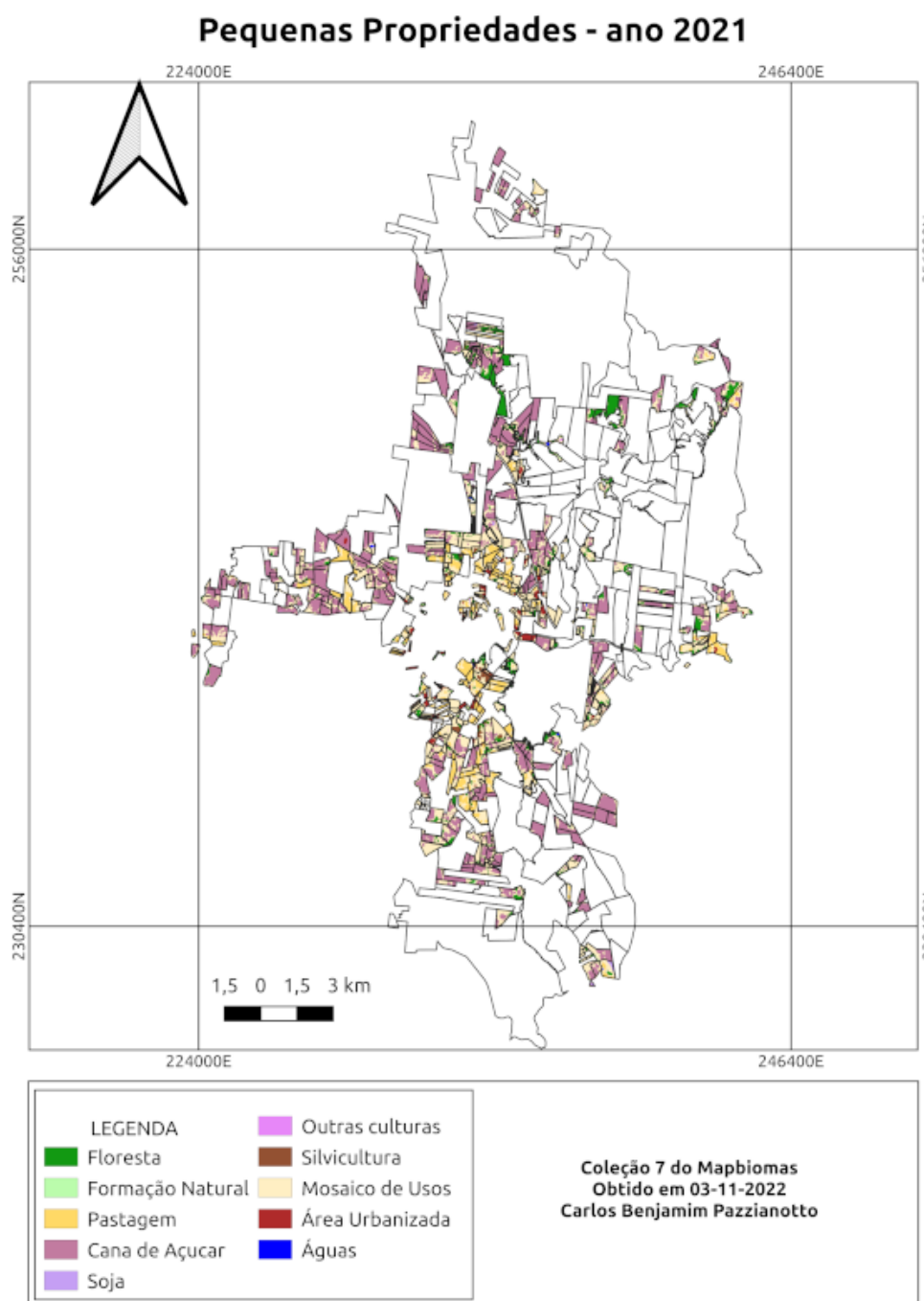
Tabela 7 – Distribuição das classes entre os tipos de propriedades rurais

Classe	Área (ha)		
	% área por tipo de propriedade rural		
	Pequena	Média	Grande
Florestas	650,43 (9,17%)	761,94 (9,11%)	934,02 (0,40%)
Formação natural	15,39 (0,22%)	15,93 (0,19%)	13,41 (0,11%)
Pastagem	532,17 (7,51%)	320,85 (3,84%)	213,39 (1,69%)
Cana de açúcar	2.605,95 (36,76%)	4.476,42 (53,53%)	7.855,38 (62,22%)
Soja	9,81 (0,14%)	18 (0,22%)	105,12 (0,83%)
Outras culturas	6,21 (0,09%)	11,97 (0,14%)	22,59 (0,18%)
Silvicultura	36,99 (0,52%)	38,34 (0,46%)	7,02 (0,06%)
Mosaico de usos	3.013,11 (42,50%)	2.563,29 (30,65%)	3.363,30 (26,64%)
Área urbanizada	210,87 (2,92%)	125,82 (1,50%)	82,86 (0,65%)
Água	9 (0,13%)	29,88 (0,36%)	27,81 (0,22%)

Fonte: Elaborado pelos autores.

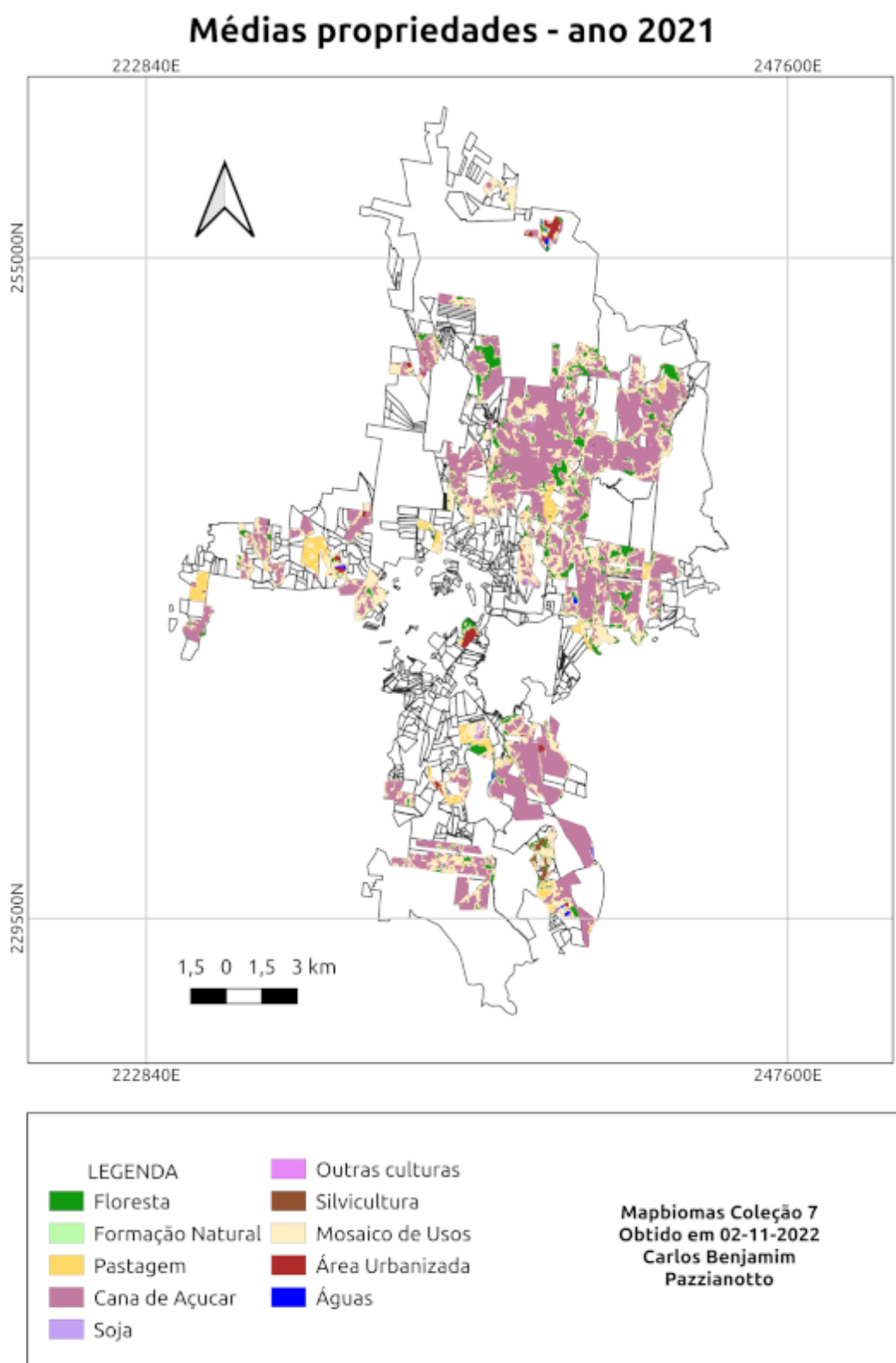
As Figuras 7, 8 e 9 foram produzidas para mostrar os mapas de uso da terra para as pequenas propriedades, médias propriedades e para as grandes propriedades. Os mapas foram obtidos através da junção das propriedades por tipo área com base em arquivos do CAR.

Figura 7 – Uso do solo nas pequenas propriedades.



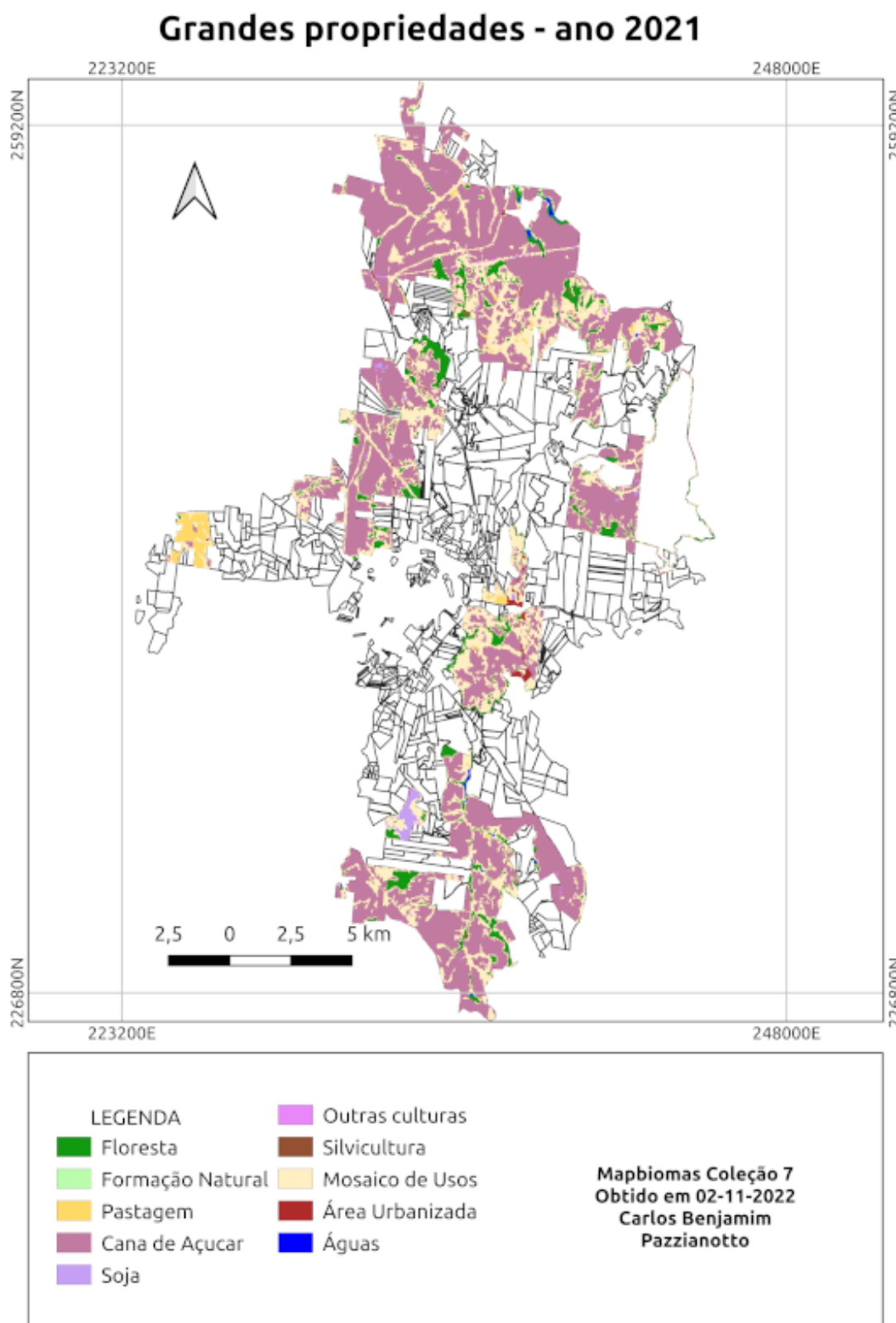
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 – Uso do solo nas médias propriedades.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9 – Uso do solo nas grandes propriedades.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONCLUSÃO

A utilização de ferramentas SIG como o QGIS em conjunto com rotinas escritas em linguagem Python e seus utilitários (pacotes) permitiram análises das imagens de satélite entre o ano de 1985 e 2021 e o levantamentos de informações sobre o uso da terra que não estavam estruturadas. A apuração dessas informações dependeria de buscas e pesquisas em documentos analógicos dispersos. A existência desses documentos é questionável devido às dificuldades de se encontrar fontes acuradas.

Através das análises verificou-se a continuidade da aptidão agrícola do município de Capivari-SP para a cultura da cana-de-açúcar. Em 1985 era a cultura predominante ocupando a área de 8.725,41 ha. Em 2021 a área ocupada pela cultura era de 16.206,54 ha, o que representava 49,84% da área do município.

A predominância da cultura da cana-de-açúcar é verificada nas pequenas, médias e grandes propriedades, o que permite concluir que a produção agrícola do município está concentrada em monocultura. Os modelos baseados em monoculturas vem apresentando consequências ambientais desfavoráveis como destruição da biodiversidade e empobrecimento dos solos. Apresentam também consequências sociais como a concentração de rendas, pois toda a produção é destinada praticamente para a exportação.

Observou-se também o aumento em 105% da área urbanizada no período, o que comprova a expansão urbana.

Apesar da intensa transformação antrópica (Figura 3) houve estabilidade de áreas de Florestas e formações naturais que praticamente permaneceram inalteradas no período.

As porcentagens de área ocupadas em relação ao território pelas classes “Florestas” e “Formações naturais” para o município são menores que aquelas observadas para o país e para o estado de São Paulo.

Foram identificadas 736 propriedades rurais divididas em 597 pequenas propriedades, 115 médias propriedades e 24 grandes propriedades. Não se verificou grandes divergências para uso da terra nos 3 tipos de propriedades em relação às classes de estudo.

Os mapas e dados gerados no estudo podem servir como fontes para os agentes públicos nos processos de elaboração de políticas públicas e elaboração de planos diretores.

Referências

ARAUJO FILHO, Milton da Costa; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Rev. Bras. Cartogr**, v. 59, 2007.

BEG, Marijan et al. Using jupyter for reproducible scientific workflows. **Computing in Science & Engineering**, IEEE, v. 23, n. 2, p. 36–46, 2021.

BELTRAME, Ediliane; BITTENCOURT, Hélio Radke; JANSEN, Suzel Lisiane. Uma proposta para a detecção de mudanças pós-classificação. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 59, p.1261–1266, 2009.

CADASTRO AGROAMBIENTAL RURAL. **O que é o CAR? 2022**. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/#/sobre>>. Acesso em: 09 ago. 2022.

CADASTRO AGROAMBIENTAL RURAL. **SICAR. 2022**. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 09 ago. 2022.

CONGEDO, Luca. Semi-automatic classification plugin: A python tool for the download and processing of remote sensing images in qgis. **Journal of Open Source Software**, The Open Journal, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.21105/joss.03172>>.

COUTINHO, Leopoldo Magno. O conceito de bioma. **Acta botanica brasílica**, SciELO Brasil, v. 20, p.13–23, 2006.

EASTMAN, JR. Idrisi for windows, user's guide, version 2.0, clark labs for cartographic technology and geographic analysis. **Clark University, Worcester**, 1997.

GORELICK, Noel et al. Google earth engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, Elsevier, v. 202, p. 18–27, 2017.

HAMADA, Emília; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. EMBRAPA Meio Ambiente, 2007.

HUNTER, John D. Matplotlib: A 2d graphics environment. **Computing in science & engineering**, IEEE, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências número 7. Manual técnico de uso da terra**. [S.l.]: IBGE Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.

IBGE. **IBGE - Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/capivari.html>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

IBGE. **Index of organizacao do territorio**. 2022. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2021/UFs/SP/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

JORDAHL, K. Geopandas: Python tools for geographic data. **URL:** <https://github.com/geopan-das/geopandas>, 2014.

JUNG, Martin. Lecos: A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18 a 21, 11 2016.

MAPBIOMAS. **Códigos de Legenda**. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Legenda/Legenda_Colec%CC%A7a%CC%83o_7_PT-EN.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **IN CRA Módulo Fiscal**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal#:~:text=Pequena%20Propriedade%3A%20im%C3%B3vel%20com%20%C3%A1rea,superior%20a%2015%20m%C3%B3dulos%20fiscais>>. Acesso em: 27 set. 2022.

PANDAS. **Pandas**. 2022. Disponível em: <<https://pandas.pydata.org/>>. Acesso em: 8 ago. 2022.

PLATAFORMA MAPBIOMAS. **Plataforma Mapbiomas**. 2022. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

PLATAFORMA MAPBIOMAS. **Plataforma Mapbiomas - Descrição das classes**. 2022. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/downloads/Legenda%20Colec%CC%A7a%CC%83o%207%20-%20Descric%CC%A7a%CC%83o_20Detalhada.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPIVARI, SP. **Dados Gerais**. 2021. Disponível em: <<https://capivari.sp.gov.br/portal/cidade/dados-gerais/>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 7.0 da Série de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://qgis.org>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

ROSA, Marcos Reis. **Metodologia de classificação de uso e cobertura da terra para análise de três décadas de ganho e perda anual da cobertura florestal nativa na mata atlântica**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2020.

ROSSUM, Guido Van; DRAKE, Fred L. **Python 3 Reference Manual**. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009. ISBN 1441412697.

SEABORN. **Seaborn: statistical data visualization**. 2022. Disponível em: <<https://seaborn.pydata.org/>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

TALASKA, Alcione; ETGES, Virginia Elisabeta. Estrutura fundiária georreferenciada: implicações para o planejamento e gestão do território rural no brasil. **Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 17, 2013. Disponível em: <<https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/issue/view/1285>>. Acesso em 18 ago. 2022.

YOUNG, Hilda Pon. Preservação ambiental: Uma retórica no espaço ideológico da manutenção do capital. **Revista da FAE**, v. 4, n. 3, 2001.