

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF VEGETATION COVERAGE IN THE MUNICIPALITY OF SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP

Marianna de Mello Tavares¹
Sandra Maria Fonseca da Costa²
Monique Bruna Silva do Carmo³

Resumo: O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta imprescindível para o monitoramento e mapeamento da vegetação. As análises multitemporais de imagens obtidas por satélites propiciam a observação da evolução da paisagem, fomentando a elaboração de planos de manejo que visam a preservação dos recursos naturais e a manutenção da biodiversidade. Este artigo teve como objetivo apresentar uma análise multitemporal do uso e cobertura da terra do município de São José dos Campos, SP, com ênfase na cobertura vegetal, utilizando imagens do TM-Landsat 5 e OLI-Landsat 8, no período de 10 anos (2010 a 2020). Estas imagens foram classificadas nas classes Cerrado, Mata Atlântica, campo antrópico, reflorestamento, área agrícola, corpos d'água e área urbana, utilizando técnicas de classificação supervisionada, a partir do Software ArcGis. Observaram-se aumento em 4,5% e 314%, da área urbana e de silvicultura, respectivamente, e consequentemente a redução da cobertura vegetal original do município. As áreas de Cerrado foram reduzidas em 89% e as de Mata Atlântica em 8,6%. Estes resultados evidenciam a necessidade da implantação de projetos e políticas públicas que favoreçam a preservação dos remanescentes vegetais naturais de São José dos Campos e proteção das espécies endêmicas pertencentes aos biomas presentes na região.

Palavras-chave: Análise Multitemporal; Cerrado; Mata Atlântica; Cobertura Vegetal; São José dos Campos.

Abstract: Remote sensing is an essential tool for monitoring and mapping vegetation. Multitemporal analysis of satellite imagery allows for the observation of landscape evolution, fostering the development of management plans aimed at preserving natural resources and maintaining biodiversity. The objective of this article was to present a multitemporal analysis of land use and land cover in the municipality of São José dos Campos, SP, with a focus on vegetation cover, using TM-Landsat 5 and OLI-Landsat 8 images, over a period of 10 years (2010 to 2020). These images were classified into the following classes: Cerrado (savanna), Atlantic Forest, anthropogenic areas, reforestation, agricultural areas, water bodies, and urban areas, using supervised classification techniques in ArcGIS software. The results showed an increase of 4.52% in the urban area, an increase of 314.17% in the silviculture areas and consequently the reduction of the original vegetation cover of the municipality, where the areas of Cerrado were reduced by 88.9% and those of Atlantic Forest by 8.57%, evidencing the

¹ Possui graduação (Licenciatura e Bacharelado) em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Paraíba. E-mail: marianna.mtavares@gmail.com.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade do Vale do Paraíba, Univap. E-mail: sandra@univap.br.

³ Pós-doutoranda (CNPq) em Sensoriamento Remoto LiSS/OBT no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. E-mail: moniquebruna@ymail.com.

need for the implementation of projects and public policies that favor the preservation of the natural plant remnants of São José dos Campos and the protection of endemic species belonging to the present biomes in the region.

Keywords: Multitemporal Analysis; Cerrado; Atlantic Forest; Vegetation Cover; São José dos Campos.

Data de submissão: 11.08.2023

Data de aprovação: 15.03.2024

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/4506>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v30i66.4506>).

1 INTRODUÇÃO

A paisagem natural do município de São José dos Campos (SP) possui um expressivo valor paisagístico, uma vez que apresenta uma ampla heterogeneidade biológica, sendo que originalmente possuía cinco tipos diferentes de formações vegetais pertencentes ao Domínio da Mata Atlântica e uma do Cerrado, que se mesclavam formando a paisagem do município, criando áreas ecotonais com uma grande biodiversidade (Morelli, 2002). A Mata Atlântica apresenta alto nível de endemismo e diversidade de espécies, o que a caracteriza como um dos complexos vegetacionais mais singulares do mundo (Mori et al., 1981; Fonseca, 1985), enquanto o Cerrado possui abundância de habitats e alternância de espécies, sendo considerado como a savana tropical mais diversa do mundo (Klink & Machado, 2005). Apesar da enorme riqueza natural, essas paisagens vêm sendo modificadas ao longo da história em função das ações antrópicas, que priorizam apenas o crescimento econômico, o que promove a escassez dos recursos naturais e proporciona a substituição da “paisagem original” pela “paisagem urbana” e pela “paisagem rural” (Magro, 1997). Estas modificações causam impactos negativos nos ecossistemas naturais; como a fragmentação, que afeta a biodiversidade local (Forman & Godron, 1986; Gustafson & Gardner, 1996; Collinge, 1998), resultando no isolamento geográfico de comunidades biológicas, causando a diminuição do fluxo gênico local e impedindo que estas comunidades prosperem (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 1992).

Nos últimos anos, discute-se com frequência em todo o País sobre as drásticas mudanças na paisagem, o setor da silvicultura vem sendo criticado pela transformação de áreas de vegetação natural em áreas de plantio homogêneo (Magro, 1997). Estas plantações são frequentemente consideradas reflorestamento, porém o termo não reflete a realidade, uma vez que as monoculturas não podem ser consideradas florestas no sentido ecológico da palavra (Putz & Redford, 2010). Segundo Brack (2007), o termo silvicultura é mais adequado, pois quando nomeamos essas áreas como reflorestamento, criamos a ilusão de que estes ambientes são biodiversos, (quando na verdade estes cultivos arbóreos onde comumente é plantada apenas uma espécie exótica, geralmente geneticamente idêntica por conta da propagação por clonagem de tecidos, e mantida com insumos químicos), a fauna é praticamente escassa, assim como outras espécies vegetais.

Sutherland et al. (2023) explicam que no passado, o manejo de terras alterou a estrutura e função das paisagens florestais ao redor do mundo, restringindo como a

terra pode ser usada e gerenciada na atualidade. Neste aspecto, os autores afirmam que a ecologia da paisagem está numa posição única para responder questões relativas ao papel das instituições na formação e na resposta às mudanças da paisagem em várias escalas. Para isso, segundo Ferraz e Vettorazzi (2003), as técnicas de manejo de áreas florestais, baseadas nos princípios de ecologia da paisagem, estão se propagando no setor florestal, e objetivam uma integração entre o ambiente, os fatores sociais e econômicos. Estas técnicas são beneficiadas pelo sensoriamento remoto, pois esta técnica facilita o gerenciamento das atividades produtivas baseando-se nas características locais, propiciando resultados que podem contribuir com a manutenção da biodiversidade destas áreas.

O monitoramento das modificações do uso da terra ao longo do tempo proporciona uma maior eficiência no estudo dos fenômenos ocorridos em determinada região (Loebmann et al., 2005). Deste modo, a análise multitemporal facilita a detecção de variações na paisagem, por meio da interpretação de uma série de dados e informações provenientes de um mesmo local, obtidas em momentos distintos (Langley et al., 2001), sendo assim, esta forma de análise é essencial para o monitoramento de áreas desflorestadas (Maselli, 2004).

O sensoriamento remoto (SR) e os sistemas de informações geográficas (SIG), auxiliam o monitoramento e a modelagem das práticas de manejo pois fornecem tecnologias para o processamento e análise de dados espaciais (Lachowski et al., 1994; Oliver, 1992). O Sensoriamento Remoto, como Sistema de Aquisição de Informações, pode ser subdividido em dois subsistemas: 1) Subsistema de aquisição de Dados de Sensoriamento Remoto; no qual seus componentes são: A Fonte de Radiação, a Plataforma (seja ela um satélite ou uma aeronave), o Sensor, e o Centro de Dados, onde os dados são recebidos e processados, e 2) O Subsistema de Produção de Informações, sendo este constituído pelos seguintes elementos: Sistema de Aquisição de Informações de Solo para Calibragem dos Dados de Sensoriamento Remoto e o Sistema de Processamento de Imagens e Sistema de Geoprocessamento (Novo, 2010).

Existem várias técnicas de processamento de imagens digitais capazes de tratar os dados para gerar referências adicionais aos métodos convencionais de pesquisa. Dentre elas pode-se citar a classificação supervisionada, que concede uma dada classe para cada pixel da imagem, com o intuito de realizar o reconhecimento de padrões e objetos para mapear as áreas de interesse (Penha, 2009).

Considerando estes fatores, o presente artigo teve como objetivo apresentar uma análise multitemporal do uso e cobertura da terra do município de São José dos Campos, SP, com ênfase na cobertura vegetal, utilizando imagens do TM-Landsat 5 e OLI-Landsat 8, por meio das técnicas de sensoriamento remoto, analisando, multitemporalmente, o uso e cobertura da terra do município, nos anos de 2010 e 2020, dando ênfase às áreas de remanescentes de Mata Atlântica e Cerrado.

2 METODOLOGIA

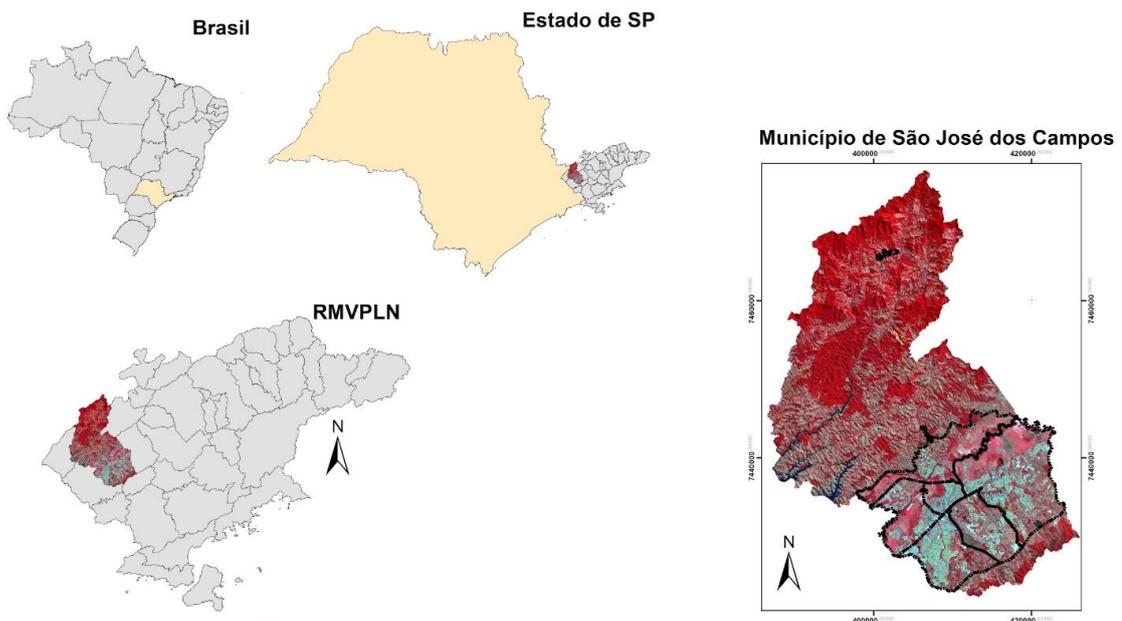
2.1 A Área de Estudo – O Município de São José dos Campos

São José dos campos está situado entre as latitudes 22° 45' 00" S e 23° 20' 00" S e longitudes 46° 10' 00" W e 45° 40' 00" W, na Província Geomorfológica denominada Planalto Atlântico (Figura 1). Com uma altitude média de 600 m, é um município pertencente à Região do Médio Vale do Paraíba Sul, zona leste do Estado de São Paulo, Brasil. Possui uma área de 1.099,41 km², sendo que 353,9 km² (32% da área total) estão em perímetro urbano. É o sexto município mais populoso do estado de São Paulo, segundo o censo de 2010 do IBGE, sua população era formada por 629.921 habitantes, e foi estimada para 2019 em 721.944 habitantes. Três Distritos constituem o município: São José dos Campos (sede), Eugênio de Melo e São Francisco Xavier. O Distrito de São José dos Campos é subdividido em 1º Subdistrito de São José dos Campos e 2º Subdistrito de Santana do Paraíba (Morelli, 2002).

Segundo Canavesi e Mauro (2009), São José dos Campos está no domínio de Mata Atlântica e possui alguns fragmentos de Cerrado, localizado, principalmente, no interior da área ocupada pelo Centro Técnico Aeroespacial (CTA). O município é drenado pelo Rio Paraíba do Sul e seus afluentes e, em seu limite, encontra-se a represa do Jaguari.

O território do município é dominado pela área rural, representando mais de 60% da área. Os principais fragmentos de Mata Atlântica estão mais presentes nas encostas da Serra da Mantiqueira, no centro e no norte do Município, sendo a unidade de paisagem dominante nestas regiões e nas proximidades de São Francisco Xavier (Guisard & Kuplich, 2008). O clima é considerado subtropical quente, com verões chuvosos e invernos secos na maior parte da região. A média de temperatura anual é acima de 21°, e a umidade relativa do ar é superior a 70% (Morelli, 2002), condições estas que auxiliam a manutenção da floresta.

Figura 1 - Localização do Município de São José dos Campos no Estado de São Paulo e na RMVPLN.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020), a partir da imagem do satélite Landsat (composição 5R4G3) e de dados do IBGE.

3.2 Levantamento e Tratamento de Dados

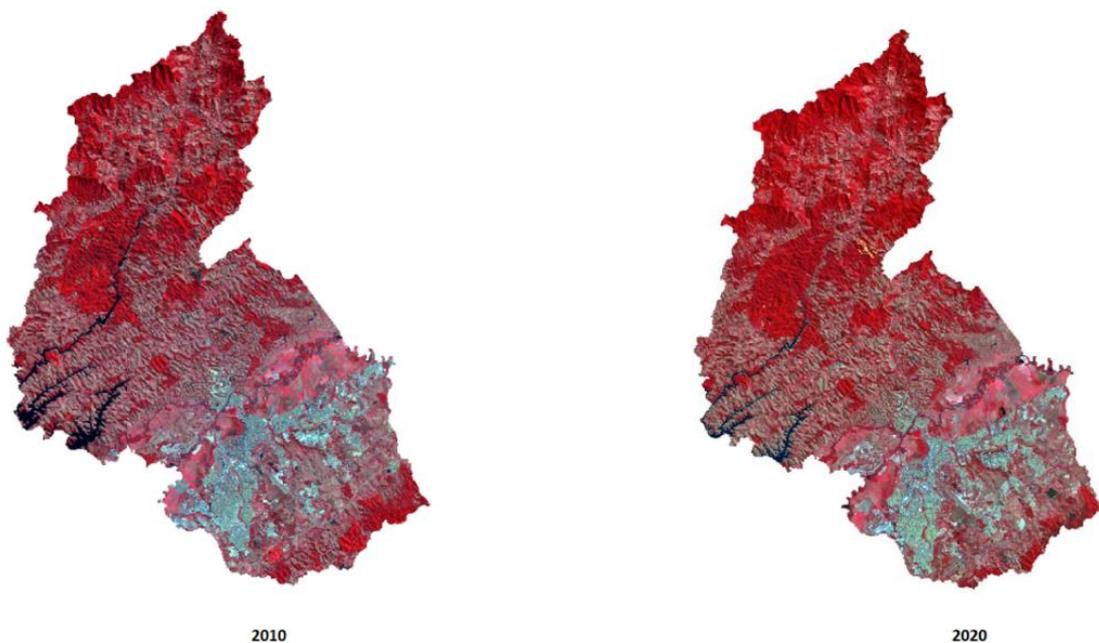
O processo de levantamento e tratamento de dados, seguiu as etapas explicadas a seguir:

- a) Revisão de Literatura – a revisão de literatura permitiu embasar as discussões da pesquisa, a partir de conceitos sobre paisagem, sensoriamento remoto, uso e cobertura da terra e classificação automática.
- b) Aquisição de imagens de Satélite - por meio do catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foram selecionadas imagens do município de São José dos Campos, nos anos de 2010 e 2020. Ambas as imagens utilizadas foram obtidas pelo satélite LANDSAT. A primeira imagem é proveniente do satélite LANDSAT 5, instrumento (sensor) TM com resolução espacial de 30m, obtida em 24 de agosto de 2010, enquanto a segunda foi obtida pelo sensor OLI também com resolução espacial de 30m, do LANDSAT 8, em 04 de setembro de 2020, para a órbita 219, ponto 76.
Buscou-se selecionar imagens de boa qualidade, obtidas no mesmo período, considerando a importância de se ter condições atmosféricas semelhantes, para não interferir na classificação da imagem. Sendo assim, as imagens foram obtidas no inverno; apesar de não ser a melhor estação do ano para o mapeamento da vegetação, havia pouca disponibilidade de imagens com baixa cobertura de nuvens e alta resolução em outros períodos, por tanto as imagens foram selecionadas de forma que o processamento e análise fossem facilitadas.
- c) Composição colorida e recorte da área de estudo - estes procedimentos foram executados por meio do software ArcGis. Para a composição colorida da imagem de 2010 (LANDSAT 5 TM) foram utilizadas as seguintes bandas espectrais nas respectivas cores: B4 (infravermelho próximo, 0.76 - 0.90 μm) na cor vermelha, B3 (vermelho, 0.63 - 0.69 μm) na cor verde e B2 (verde, 0.52 - 0.60 μm) na cor azul. A composição colorida com as imagens de 2020 (LANDSAT 8 OLI) foi composta por: B5 (infravermelho próximo 0.845 - 0.885 μm) na cor vermelha, B4 (vermelho 0.630 - 0.680 μm) na cor verde e B3 (verde 0.525 - 0.600 μm) na cor azul. Portanto, a imagem de 2010 mostra a composição infravermelha 4R3G2B (Figura 3) e a imagem 2020 mostra a composição 5R4G3B (Figura 4), favorecendo a identificação da vegetação. Para realizar estes procedimentos, utilizou-se o Arctoolbox (ferramenta do ArcGis) que possibilitou a seleção das bandas utilizadas por meio do *composite band*. O recorte da área referente ao limite do município de São José dos Campos foi elaborado por meio da função *extract by mask*, sendo a área do município estabelecida por meio do shapefile (formato de arquivo do ArcGis), obtido no site do IBGE.
- d) Georreferenciamento: realizado no ArcGis, tendo sido coletados 37 pontos de controle, em diferentes áreas do município. O georreferenciamento permite posicionar a imagem em um sistema de coordenadas geográficas e o cálculo de área de classes de uso da terra. Os pontos de controle são referências

espaciais, tais como cruzamento de estradas e pontes sobre rios, existentes nas imagens, os quais possuem um par de coordenadas conhecidas.

- e) Classificação supervisionada da vegetação e mapeamento do uso da terra: de acordo com Araújo Filho et al. (2009, p.172), um mapa de cobertura da terra "está diretamente associado com os tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar". Os autores também mencionam que as imagens obtidas pelo sensor ETM+, a bordo do satélite Landsat 8, "constituem-se num dos produtos mais adequados para o desenvolvimento de sistemas de classificação, devido à sua resolução espacial", de 30 metros, além da resolução temporal, de 16 dias, o que permite o monitoramento da dinâmica espacial (Idem, p.172-173). A partir da proposta do IBGE (2013), foram estabelecidas as classes de uso e cobertura da terra que foram utilizadas na classificação automática. Na tabela 1 são apresentados as classes e sua identificação na imagem. De acordo com o INPE (2023), classificação "é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse".

Figura 2 - Composição infravermelha RGB-432 da imagem de 2010 para o município de São José dos Campos, obtida pelo LANDSAT 5 TM e Composição infravermelha RGB-543 da imagem de 2020 para o município de São José dos Campos, obtida pelo LANDSAT 8 OLI.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

Quadro 1 - Classes de Uso e Ocupação da Terra Utilizados na Classificação.

Classe	Característica na Imagem	Definição
Área Urbana		Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais
Área Agrícola		Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso
Reflorestamento (Silvicultura)		Plantio ou formação de maciços com espécies florestais exóticas, tais como pinus, eucalipto
Mata Atlântica (Vegetação Natural)		Compreende um conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias.
Campo Antrópico		Se caracterizam por um estrato predominantemente gramíneo, formado em função da prática antrópica
Corpo D'água		Incluem todas as classes de águas interiores, como cursos de água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares), e reservatórios artificiais
Cerrado		Vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso

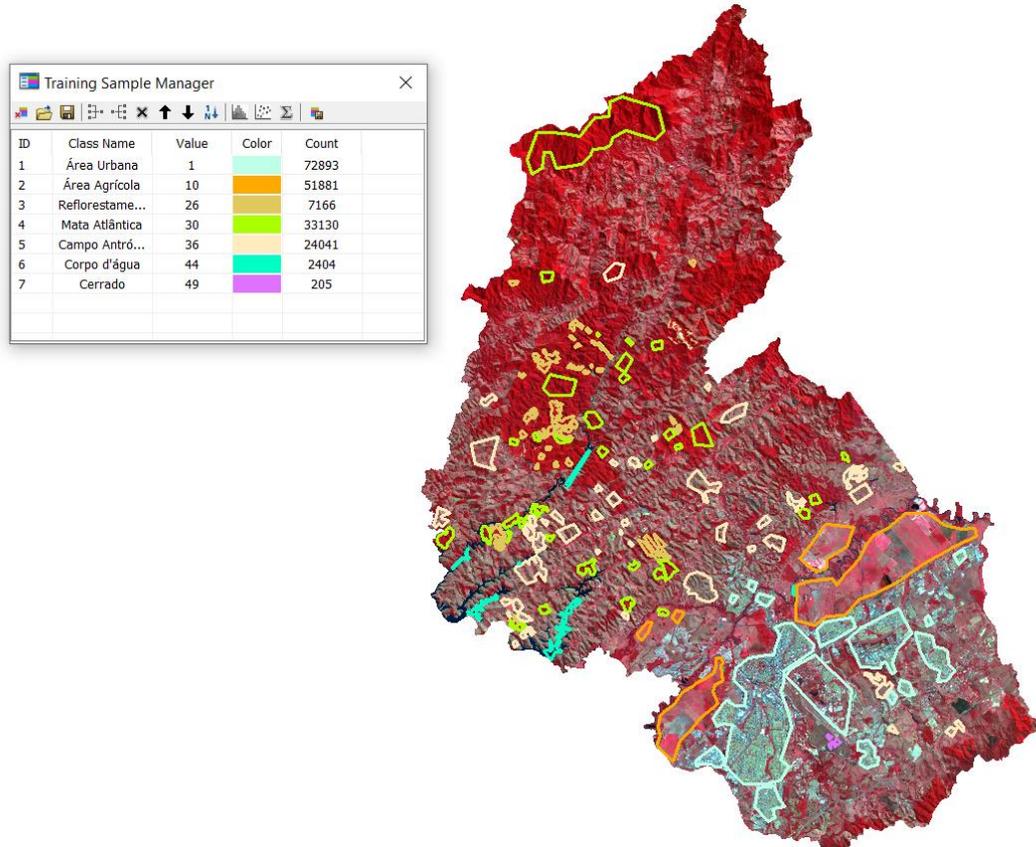
Fonte: Adaptado do IBGE (2013).

Para a classificação automática, foi utilizado um classificador "pixel a pixel", o qual utiliza apenas a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. Estes classificadores podem ser separados em métodos estatísticos" (INPE, 2023).

Foi realizada a coleta de amostras dos níveis de cinza da Imagem referentes às diferentes classes utilizadas (Figura 4). A partir dessas amostras, o programa ArcGis realiza a classificação automática. Realizou-se a classificação supervisionada, também por meio do software ArcGis, função classificação supervisionada, método MAXVER. Este classificador é um método que:

Considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. (...). Para duas classes (1 e 2) com distribuição de probabilidade distintas, as distribuições representam a probabilidade de um "pixel" pertencer a uma ou outra classe, dependendo da posição do "pixel" em relação a esta distribuição. Ocorre uma região onde as duas curvas sobrepõem-se, indicando que um determinado "pixel" tem igual probabilidade de pertencer às duas classes. Nesta situação estabelece-se um critério de decisão a partir da definição de limiares (INPE, 2023).

Figura 3 - Exemplo da classificação manual no ArcGis com a criação de polígonos para definir as classes para a posterior identificação para a classificação supervisionada.



Fonte: Composição colorida elaborada pela autora, a partir das imagens Landsat 8.

- f) Produção do Mapa de Uso e cobertura da terra - A partir dos resultados obtidos com a classificação automática, foram produzidos tabelas e gráficos, além do mapa de uso e cobertura da terra, que propiciaram a realização de análises.

3 RESULTADOS

Na figura 4, é possível analisar o mapa de uso e ocupação da terra do município de São José dos Campos, em 2010 e em 2020. Ambos permitem a visualização das classes de interesse e a configuração da paisagem nos anos supracitados.

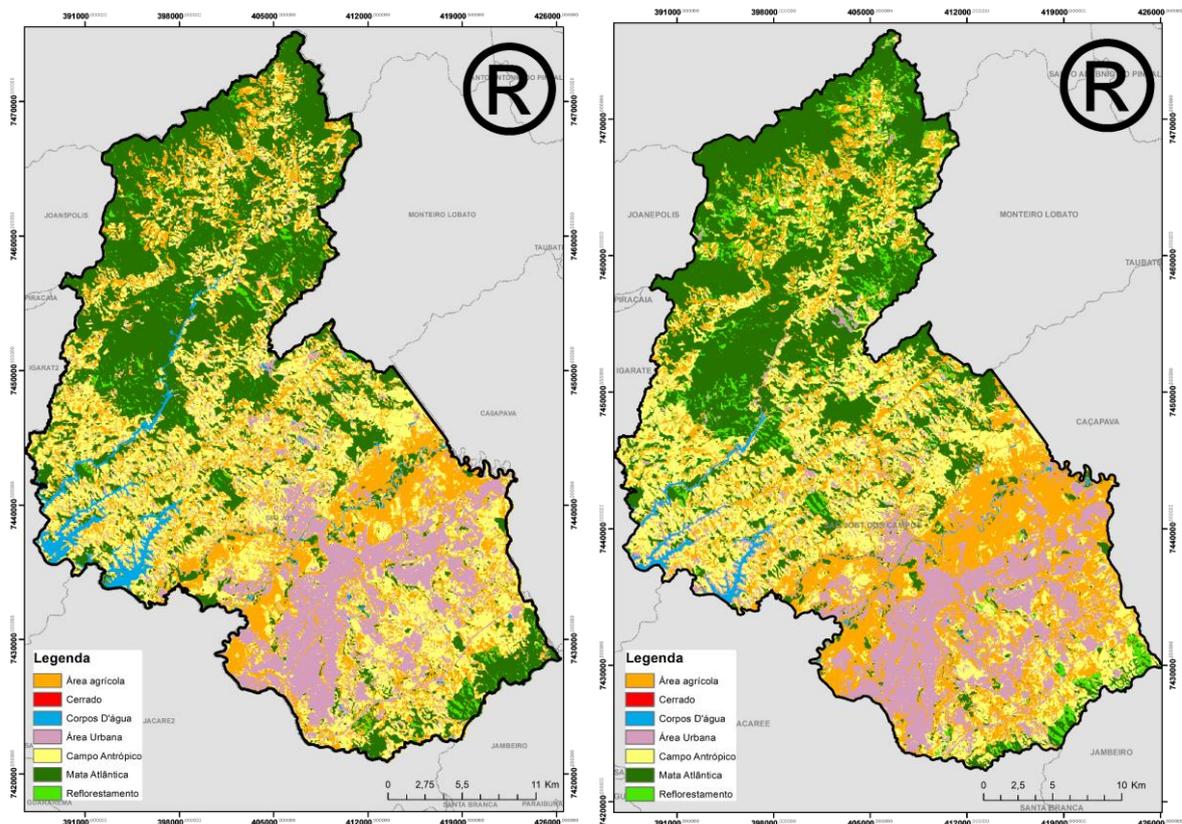
Nas tabelas 2 e 3 estão dispostos os dados obtidos pelo *software* a partir da classificação supervisionada MAXVER, o que permitiu a análise da distribuição de cada classe e das modificações da paisagem ao longo destes 10 anos. Os gráficos 1 e 2 foram elaborados baseando-se nos dados tabulados, de porcentagem das classes em km², com o intuito de favorecer a visualização do percentual de cada classe, no município, em 2010 e 2020.

Após a análise dos gráficos, observou-se:

- uma diminuição da área de Mata Atlântica de 8,57% e uma redução do campo antrópico, de 25,19%, que pode ter sido ocasionada, por exemplo: pela expansão da área urbana, da área agrícola e das áreas de reflorestamento;
- uma redução de 88,9% na cobertura de Cerrado, que pode estar relacionada ao tamanho da área mapeada como tal uso. Por ser muito pequena, a área ocupada pelo cerrado foi subdimensionada, nas duas datas mapeadas, em função de suas características espectrais, que causam confusão com outras

- classes de uso e cobertura, no processo de classificação digital;
- c) houve aumento de 4,52% na área urbana, aumento na área agrícola de 16,76%, houve também um aumento de 314,17% nas áreas de reflorestamento, predominando as monoculturas de *Eucalyptus* e *Pinus*;
- d) os corpos d'água reduziram 49,08%, porém este fato também pode estar relacionado à diferença de condições climáticas entre as duas imagens. Apesar de ter se privilegiado a ausência de nuvens nas imagens, a umidade do solo, causada pela chuva, pode produzir comportamento diferente das classes mapeadas.

Figura 4 - Mapas gerados pela classificação supervisionada demonstrando o uso e ocupação do solo no município de São José dos Campos em 2010 (esq.) e 2020.



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020), a partir das imagens TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8.

Tabela 2 - Área e porcentagem das classes de uso e ocupação do solo no município de São José dos Campos- SP, em 2010.

Classe	Área(km ²)	% das Classes
Área agrícola	226,907	20,70
Cerrado	0,9612	0,09
Corpos D'água	23,8833	2,18
Área Urbana	159,864	14,58
Campo Antrópico	324,179	29,57
Mata Atlântica	346,702	31,62
Silvicultura ("Reflorestamento")	13,896	1,27
Total	1096,3925	100,00

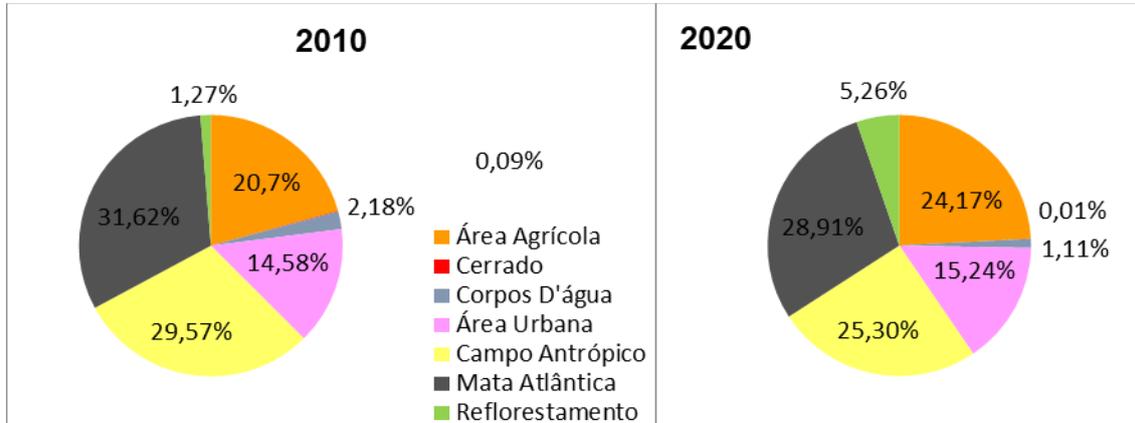
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

Tabela 3 - Área e porcentagem das classes de uso e ocupação do solo no município de São José dos Campos- SP, em 2020.

Classe	Área (km ²)	% das Classes
Área agrícola	265,207	24,17
Cerrado	0,0963	0,01
Corpos D'água	12,1248	1,11
Área Urbana	167,216	15,24
Campo Antrópico	277,591	25,30
Mata Atlântica	317,246	28,91
Silvicultura ("Reflorestamento")	57,7026	5,26
Total	1097,1837	100,00

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

Gráfico 1 - Gráficos de setores contendo as porcentagens de uso e ocupação do solo para as classes determinadas para o município de São José dos Campos em 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

4 DISCUSSÃO

A partir dos dados gerados, por meio das ferramentas utilizadas (classificação das imagens de satélite por meio do sistema de informação geográfica) foi possível realizar uma análise da transformação da paisagem no município de São José dos Campos. De acordo com Naesset (1997), a natureza espacial dos SIG's propicia o estudo de fenômenos dependentes do espaço. A análise multitemporal abrangeu um período de 10 anos (de 2010 a 2020), sendo assim observou-se o mesmo relatado por Morelli (2002), segundo o qual as modificações da paisagem estão intrinsecamente relacionadas com as mudanças das atividades econômicas exercidas ao longo do tempo no local, o que acabou culminando em uma paisagem fragmentada, na qual os remanescentes florestais continuam sendo amplamente ameaçados pelas atividades antrópicas.

Segundo Guisard e Kuplich (2008), historicamente, o município de São José dos Campos foi caracterizado por um longo período de cultura cafeeira e posteriormente da pecuária. Porém, com o aumento das áreas de monoculturas de *Eucalyptus*, é possível constatar a possibilidade de uma nova mudança para as atividades econômicas na área rural do município por conta da chegada de empresas de produção de celulose na região.

Os resultados obtidos permitem perceber o aumento da área agrícola, da área urbana e de silvicultura, além da diminuição de áreas de Mata Atlântica e Cerrado. Segundo Mascarenhas et al. (2009), o Cerrado é um dos biomas que corre maior risco de extinção, pois é pouco protegido pela Legislação Ambiental. Santos (2009) relata que a Mata Atlântica é um dos ecossistemas que mais sofre com as ações antrópicas no mundo, sendo que a degradação da mesma teve início nas primeiras décadas de 1500, resultando na sua fragmentação. Atualmente, segundo os dados da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE] (2014), este bioma recobre menos de 8% de sua cobertura original.

De acordo com Nunes et al. (2005), a expansão de áreas urbanas e agrícolas, e o aumento das atividades antrópicas são capazes de alterar drasticamente a paisagem original, resultando em uma paisagem dominada por fragmentos desconectados de vegetação nativa. Estas mudanças no uso e ocupação do solo são responsáveis por uma série de distúrbios sobre a manutenção da biodiversidade

(Bierregaard Júnior et al., 1992). Viana e Tabanez (1996) ressaltam a necessidade do manejo ativo dos fragmentos para a sua preservação, uma vez que quando expostos a estes distúrbios contínuos são incapazes de se autossustentar.

O manejo de paisagens objetiva obter florestas produtivas para utilização social, mas de modo que a biodiversidade seja mantida, portanto é necessário considerar que para o funcionamento deste sistema, a proposta deve visar não apenas a extração de recursos e sim um manejo que propicie as interações bióticas e abióticas do meio (Lachowski et al., 1994). Desta forma, o mapeamento de fragmentos florestais é de extrema importância, pois a partir dele é possível obter informações que alicerçam os planos de conservação, colaborando, assim, para a redução de ameaças a biodiversidade (Metzger, 2003), ou seja, o sensoriamento remoto se apresenta como uma ferramenta de grande utilidade para abranger a observância da legislação e facilitar o acompanhamento destas áreas para que possam ser devidamente preservadas. O sensoriamento remoto (SR) junto aos sistemas de informações geográficas (SIG) facilitam a análise, monitoramento e modelagem das práticas de manejo (Lachowski et al., 1994).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conversão de áreas florestadas em campo antrópico ou área urbana tornou-se frequente nos últimos anos, resultando em prejuízos tanto ecológicos quanto sociais. O aumento da silvicultura apresenta uma tendência preocupante para a preservação da biodiversidade local.

A partir dos objetivos propostos e resultados obtidos, conclui-se que a utilização das técnicas de sensoriamento remoto favorece os estudos ambientais, fomentando o planejamento adequado para o manejo de áreas de vegetação natural que hoje se encontram fragmentadas.

Por meio do mapeamento obtido pela classificação supervisionada, foi possível realizar uma comparação, em uma perspectiva multitemporal, em que a visualização do estado de conservação dos biomas de Mata Atlântica e Cerrado no município de São José dos Campos foi facilitada. Além disso, foi possível observar as mudanças de uso e ocupação do solo que ocorreram no município, durante o período que se estendeu de 2010 a 2020. Desta forma, o presente estudo oferece dados sobre a distribuição e conservação dos remanescentes de vegetação originais do município de São José dos Campos, evidenciando a necessidade da implantação de planos de conservação e manejo para que a biodiversidade local seja mantida, demonstrando a importância das geotecnologias para o controle ambiental, favorecendo futuras pesquisas que tenham como intuito a preservação espécies endêmicas pertencentes aos biomas locais, assim como uma melhor visualização das possibilidades de implantação de corredores ecológicos entre os fragmentos, e a aplicação de técnicas de ecologia de paisagem para a produção e extração de recursos florestais de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- Araújo Filho, M. da C.; Meneses, P. R.; Sano, E. E. Sistema de Classificação de Uso e Cobertura da Terra com Base na Análise de Imagens de Satélite. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 59, n. 2, 2009. DOI: 10.14393/rbcv59n2-44902. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44902>>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- Bierregaard Júnior., R. O., Lovejoy, T. E., Kapos, V., Santos, A. A., & Hutchings, R. W. (1992). The biological dynamics of tropical rainforest fragments a prospective comparasion of fragment and continuous forest. *Bioscience*, 42 (11), 859-866.
- Brack, P. (2007). *As monoculturas arbóreas e a biodiversidade*. <https://silo.tips/download/as-monoculturas-arboreas-e-a-biodiversidade>
- Canavesi, V., & Mauro, A. C. C. (2009). Mapeamento da vegetação de porte arbóreo no município de São José dos Campos SP utilizando imagens orbitais do satélite Quickbird. In Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.11.59>
- Collinge, S. K. (1998). Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments. *Landscape and Urban Planning*, 42(2-4), 157-168.
- Ferraz, S. F. B., & Vettorazzi, C. A. (2003). Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de Ecologia de Paisagem. *Revista Árvore*, 27(4), 575-583.
- Fonseca, G. A. B. (1985). The vanishing Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 34, 17-34.
- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.
- Fundação SOS Mata Atlântica, & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2014). *Atlas dos remanescentes de Mata Atlântica período 2008–2010. [Atlas of the Atlantic Forest remnants, period of 2012–2013]*.
- Guisard, D. M. P., & Kuplich, T. M. (2008). Fragmentação da cobertura florestal no município de São José dos Campos (SP) entre 1973 e 2004. *Geografia*, 33(2), 319-330.
- Gustafson, E. J., & Gardner, R. H. (1996). The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. *Ecology*, 77(1), 94-107.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1992). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). *Manual técnico de uso da terra: Volume 7: Manuais técnicos em geociências* (3.ed.). IBGE.

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2023). *SPRING: Tutorial de Geoprocessamento*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>> Acesso em: Agosto de 2023.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation biology*, 19(3), 707-713.
- Lachowski, H. M., Wirth, T., Maus, P., & Avers, P. (1994). Remote sensing and GIS: their role in ecosystem management. *Journal of Forestry*, 92(8), 39-40.
- Langley, S. K., Cheshire, H. M., & Humes, K. S. (2001). A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. *Journal of Arid Environments*, 49(2), 401-411.
- Loebmann, D. G., GUIMARÃES, R., Bettiol, G. M., Freitas, L. F., Redivo, A. L., & Carvalho Júnior, O. A. (2005). Mistura espectral de imagens LANDSAT para análise multitemporal de uso da terra nas diferentes unidades pedológicas da bacia do rio Jardim, DF. In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.20.01/doc/557.pdf>
- Magro, T. C. (1997). Manejo de paisagens em áreas florestadas. *Silvicultura*, 18(69), 38-45.
- Mascarenhas, L. M. D. A., Ferreira, M. E., & Ferreira, L. G. (2009). Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. *Sociedade & natureza*, 21, 5-18.
- Maselli, F. (2004). Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 423-433.
- Metzger, J. P. (2003). Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In L. Cullen Jr., R. Rudran, & C. Valladares-Pádua *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Editora UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Morelli, A. F. (2002). *Identificação e Transformação das Unidades da Paisagem no Município de São José dos Campos (SP) de 1500 a 2000*. [Tese de Doutorado], Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Mori, S.A., Boom, B.M., & Prance, G.T. (1981). Distribution patterns and conservation of eastern Brazilian coastal forest tree species. *Brittonia* 33, 233-245.
- Næsset, E. (1997). Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. *Forest ecology and management*, 93(1-2), 121-136.

- Novo, E. M. L. de M. (2010). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações* (4a. ed.). Edgard Blucher.
- Nunes, G. M., Souza Filho, C. R. S., Vicente, L. E., Madruga, P. D. A., & Watzlawick, L. F. (2005, April). Sistemas de Informações Geográficas aplicados na implantação de corredores ecológicos na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim (RS). In *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3183-3189).
- Oliver, C. D. A. (1992). landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. *Journal of Forestry*, 90(9), p. 20-25.
- Penha, J. W. (2009). Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada de imagem digital do satélite IKONOS na região da Serra do Salitre - MG. *Revista Agrogeoambiental*, 1(1). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v1n12009237>.
- Putz, F. E., & Redford, K. H. (2010). The importance of defining 'forest': Tropical forest degradation, deforestation, long-term phase shifts, and further transitions. *Biotropica*, 42(1), 10-20.
- Santos, A. L. (2009). *Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto*. [Dissertação de Mestrado], Universidade Federal de Sergipe.
- Sutherland, I. J., Copes-Gerbitz, K., Parrott, L., & Rhemtulla, J. M. (2023). Dynamics in the landscape ecology of institutions: Lags, legacies, and feedbacks drive path-dependency of forest landscapes in British Columbia, Canada 1858–2020. *Landscape Ecology*, 38(12), 4325-4341. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-023-01721-y>.
- Viana, V. M., & Tabanez, A. A. J. (1996). Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: J. Schelhas, & R. Greenberg (Eds.). *Forest patches in tropical landscapes* (pp. 151-167). Island Press.