



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



**MAPEAMENTO DAS ÁREAS  
VERDES DOS BAIROS CAMPOS  
DE SÃO JOSÉ E MARIANA II,  
UTILIZANDO CLASSIFICAÇÃO  
DE IMAGENS: UMA PARCERIA  
COM ECOMUSEU DE SÃO JOSÉ  
DOS CAMPOS, SP"**

**RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

**Filipe Augusto Silva Dos Santos (UNESP, Bolsista  
PIBIC/CNPq). E-mail: [filipe.a.santos@unesp.br](mailto:filipe.a.santos@unesp.br)**

**Dra. Jussara de Oliveira Ortiz (INPE-DIOTG,  
Orientadora). E-mail: [jussara.ortiz@inpe.br](mailto:jussara.ortiz@inpe.br)**

**Msc. René Antonio Novaes Junior (INPE-DIOTG,  
Coorientador). E-mail: [rene.novaes@inpe.br](mailto:rene.novaes@inpe.br)**

**Msc. Danielle de Paula (CEMADEN-GGC,  
Coorientadora). E-mail:  
[danielle.depaula@cemaden.gov.br](mailto:danielle.depaula@cemaden.gov.br)**

INPE

São José dos Campos

Agosto de 2022



## RESUMO

Este trabalho apresenta resultados de um banco de dados que está sendo construído em parceria com projeto socioambiental Ecomuseu, patrocinado pela Refinaria Henrique Lage (REVAP/SJC)/Petrobrás e o Laboratório Aplicação de Dados Espaciais em Apoio à Sociedade (LADES/INPE), para mapear as áreas verdes dos bairros abrangidos pelo projeto, combinando métodos de geoprocessamento e técnicas de processamento automático de imagens, integrados a sistemas de informações geográficas. O projeto Ecomuseu teve início de suas atividades em dois bairros do município de São José dos Campos, o Campos de São José e o Jardim Mariana II. Esses dois bairros incluem o parque Alambari, inaugurado em 2008, e que de acordo com a coordenadoria do projeto Ecomuseu, entre as previsões da Prefeitura de São José dos Campos (PMSJC) estava preservar a vegetação nativa remanescente e recompor as de mata ciliar degradadas, adequar o uso de áreas verdes públicas, além de evitar a degradação ambiental naquele local, construir um espaço voltado ao lazer, estimular o desenvolvimento de pesquisas ambientais e promover a Educação Ambiental. Quando do início do desenvolvimento do Ecomuseu no bairro, em 2015, percebeu-se que, embora idealizada, essa programação ainda não havia sido colocada em prática pela Prefeitura. Apresentado pela população como um manancial de problemas, o Parque Alambari era pouco utilizado e muito depredado. A influência do projeto Ecomuseu, sobre a área de estudo, foi o motivo que permeou primeiramente a análise desta região, onde se buscou uma projeção temporal para avaliar as áreas verdes do bairro, além de calcular o indicador de áreas verdes (IAV) para a área que engloba os bairros, seguindo a recomendação da Sociedade Brasileira de Arquitetura e Urbanismo (SBAU), de 15m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante. O conceito de áreas verdes que permeou todo o projeto é o mesmo adotado pela PMSJC. A metodologia considera que a mesma deve ser de facilmente replicável pelos técnicos do Ecomuseu, agregando o aprendizado do Sistemas de Informação Geográfica (SIG) SPRING e QuantunGis, além de imagens de satélite que são livres de custo. Para a avaliação temporal foram utilizadas cenas da constelação RapidEye (5m), do Satélite Sentinel 2 (10m) e CBERS 04A(8m), para os anos de 2011, 2016 e 2020, respectivamente. A classificação das imagens foi do tipo supervisionado por regiões, sobre imagem segmentada, com a distância de Bhattacharya, usando a definição de diferentes limiares de área e espectrais. O índice de concordância Kappa entre as classificações e os pontos de referência para os anos de 2011, 2016 e 2020 foi de 92%, 86% e 84%, respectivamente. Mesmo com altos valores de kappa foram observadas algumas inconsistências nos resultados das classificações, indicando que outros limiares para segmentação devem ser testados no processo da classificação. Em relação ao indicador ambiental de áreas verdes, os valores foram de 22,63m<sup>2</sup>/hab (2011), 22,94m<sup>2</sup>/hab (2016) e 32,48m<sup>2</sup>/hab (2020), mostrando-se bem acima do sugerido pela SBAU. Estes valores maiores se devem a grande área de vegetação do parque Alambari na região. Através de mutirões para plantio de árvores e ações para estimular o uso sustentável dos recursos disponíveis, o trabalho do Ecomuseu tem apresentado um novo olhar para a população local sobre o espaço onde vivem, através do exercício da cidadania. Todas as imagens e os resultados obtidos fazem parte de um banco de dados que está sendo elaborado pelo LADES para o Ecomuseu.

Palavras-chave: Área verde, Classificação de Imagens, IAV, Sensoriamento Remoto, Ecomuseu.

## LISTA DE FIGURAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Figura 01: Mapa referente a área de estudo. Fonte: Autor .....	16
Figura 02: Fluxograma dos métodos. Fonte: Autor.....	17
Figura 03: Resultado das classificações com todas as classes de vegetação.. Fonte: Autor.....	22
Figura 04: Resultado das classificações com as classes de vegetação agrupadas em áreas verdes. Fonte: Autor.....	22
Figura 05: Antes e depois da intervenção do Ecomuseu na APP do rio Alambari. Fonte: Ecomuseu SJC.....	27
Figura 06: Crescimento da vegetação densa em relação aos anos de 2016 e 2020.Fonte: Autor.....	28

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
Tabela 01: Comprimentos de onda, bandas CBERS 04A. Fonte: INPE (2019).....	11
Tabela 02: Características do Sentinel 2. Fonte: ENGESAT (2022).....	12
Tabela 03: Comprimentos de onda, bandas RapidEye. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2020) .....	13
Tabela 04: Relação dos indicadores de áreas verdes urbanas, conforme suas fórmulas e referências. Fonte: (ALMEIDA, 2021) .....	15
Tabela 05: Imagens utilizadas. Fonte: Autor .....	17
Tabela 06: Descrição das classes Vegetação Densa, Vegetação Intermediária, Pasto, Solo Exposto, Área Construída e Gramínea (Área Verde fragmentada). Fonte: Autor .....	19
Tabela 07: Descrição das classes, Área Verde, Solo Exposto e Área Urbana (Área verde Consolidada). Fonte: Autor.....	19
Tabela 08: Limiares adotados para segmentação de cada cena. Fonte: Autor.....	20
Tabela 09: Resultado dos limiares aplicados a cada cena. Fonte: Autor.....	21
Tabela 10: Inconsistências das classificações para cada ano. Fonte: Autor.....	23
Tabela 11: Consistências das classificações para cada ano. Fonte: Autor.....	23
Tabela 12: Avaliação da classificação para a cena de 2011 (Área verde fragmentada). Fonte: Autor.....	24
Tabela 13: Avaliação da classificação para a cena de 2011 (Área verde consolidada). Fonte: Autor.....	24
Tabela 14: Avaliação da classificação para a cena de 2016 (Área verde fragmentada). Fonte: Autor.....	25
Tabela 15: Avaliação da classificação para a cena de 2016 (Área verde consolidada). Fonte: Autor.....	25
Tabela 16: Avaliação da classificação para a cena de 2020 (Área verde fragmentada). Fonte: Autor.....	26
Tabela 17: Avaliação da classificação para a cena de 2020 (Área verde consolidada). Fonte: Autor.....	26
Tabela 18: Valores de concordância do índice Kappa para classificação. Fonte: Adaptado de Galparsoro e Fernández (2022).....	27
Tabela 19: Índice de área verde por habitante nos bairros dos Campos de São José e Mariana II. Fonte: Autor.....	29

# SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1-INTRODUÇÃO</b> _____	<b>7</b>
1.1-Contextualização do trabalho com o Ecomuseu Campos de São José .....	8
<b>2-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> _____	<b>10</b>
2.1-Conceito Ecomuseu.....	10
2.2-Sensoriamento Remoto na classificação da vegetação .....	10
2.2.1- Imagens de Sensoriamento remoto.....	10
2.2.2 - Classificação de imagens .....	13
2.2.3 - Conceito e importância das áreas verdes.....	14
<b>3-MATERIAIS E MÉTODOS</b> _____	<b>15</b>
3.1-Área de Estudo.....	15
3.2-Material .....	17
3.3-Métodologia.....	17
3.3.1-Aquisição de imagens.....	17
3.3.2-Fusão entre bandas CBERS 04A.....	18
3.3.3-Delimitação da Área de Estudo.....	18
3.3.4-Segmentação e Classificação.....	18
<b>4-RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> _____	<b>20</b>
<b>5-CONSIDERAÇÕES</b> _____	<b>32</b>
<b>6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> _____	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A percepção e o entendimento de cidadania têm um papel importante nas condições de vida e de saúde de indivíduos que residem em um determinado território, seja o bairro, o município ou o estado. A cidadania engloba direitos e deveres dos cidadãos e segundo Santos (2007), a cidadania se aprende.

O Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do Laboratório de Aplicação de Dados Espaciais em Apoio à Sociedade - LADES tem como propósito a difusão de conhecimentos científicos para subsidiar tomadas de decisões quanto à reorganização territorial, contribuindo para construção de uma governança democrática, sob a ótica da ciência cidadã, que visa aproximar o cidadão do conhecimento científico e, neste sentido, exercitar cidadania.

A Petrobrás dispõe de projetos que têm cunho socioambiental e são voltados para comunidades próximas às suas unidades nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Dentro desta temática, o projeto ‘Ecomuseu: um território, um patrimônio, uma comunidade’, do Centro de Estudos da Cultura Popular (CECP), de São José dos Campos/SP, foi um dos 57 escolhidos na Seleção Pública Comunidades, da Petrobras.

A proposta do CECP iniciou com a implantação de um ecomuseu ou museu comunitário no bairro Campos de São José, na região leste da cidade de São José dos Campos/SP. A finalidade do projeto Ecomuseu é salvaguardar os usos e costumes tradicionais dos moradores do local. As ações previstas visam incentivar os ‘saberes’ e ‘fazeres’ da comunidade, bem como estimular o uso sustentável dos recursos disponíveis.

Como disse Angela Savastano, idealizadora do Ecomuseu dos Campos de São José: “em contato com os moradores, estimulando-os a mostrarem seus saberes e habilidades e, também, seus sonhos e propostas através de feiras, rodas de conversas, participações em locais públicos, usando e mostrando suas habilidades, num convívio coletivo, é visível e demonstrado todo o potencial cultural e a capacidade do exercício de cidadania consciente de cada um (Santos, 2020)”.

De acordo com Maria Siqueira Santos, historiadora e coordenadora do projeto, o Ecomuseu propicia a ampliação do campo de possibilidades de construção da identidade. Faz isto ao fomentar no cidadão a consciência do valor de sua cultura. De maneira geral, as ações ecomuseológicas visam o empoderamento do indivíduo para que ele possa exercer de maneira ativa e consciente sua cidadania.

O Ecomuseu dos Campos de São José é um desses projetos, patrocinado entre 2015-2017 e 2018-2020 pela Petrobras. Na primeira etapa, atuou no bairro Campos de São José e Jardim Mariana II e, agora, pretende impactar os 17 dos 23 bairros priorizados pela REVAP na Zona Leste e parte da zona sudeste de São José dos Campos. Toda a proposta do Ecomuseu vem de encontro aos objetivos do LADES/INPE. Neste contexto, o LADES/INPE e CECP fizeram uma parceria para colaborar, através do conhecimento de imagens de satélite, processamento digital de imagens e geoprocessamento, na realização de algumas atividades do projeto Ecomuseu. Um dos objetivos desta parceria é elaborar um banco de dados com imagens

de satélite, distribuídas gratuitamente pelo INPE, nas áreas de interesse. Neste trabalho, utilizamos imagens dos satélites CBERS 4A, RapidEye e Sentinel para mapeamento das áreas verdes no bairro Campos de São José e Jardim Mariana II, na zona leste de São José dos Campos.

Entretanto, antes de prosseguir com este relatório, se faz necessária uma justificativa por parte dos orientadores em relação ao assunto aqui abordado, que se refere à bolsa de iniciação científica que, em princípio propôs um plano de trabalho para o projeto intitulado “Desenvolvimento do Mapa de Criticidade do município de São José dos Campos – SP”. A construção deste mapa, para subsidiar e complementar a elaboração de políticas públicas envolve dados socioeconômicos, ambientais, índice de desenvolvimento humano, entre outros.

O mapa de criticidade teria como base as áreas consideradas violentas; o índice paulista de vulnerabilidade social e a localização das escolas públicas municipais. Este mapa, também, seria um mapa que estabelece a relação/percepção, no sentido das ligações emocionais que os cidadãos têm com estes territórios e que originam sentimentos como: medo, mal estar e insegurança, principalmente situações de estresse na pandemia de Covid. No entanto, algumas destas informações, importantes para o diagnóstico da percepção dos envolvidos, necessitam de questionários. Infelizmente, a pandemia não nos possibilitou, em especial no ambiente escolar, coletar estas informações, particularmente dos alunos que não dispõem de rede de internet.

Sendo assim, considerando que o aluno que responde à bolsa faz graduação em engenharia ambiental, buscamos envolvê-lo no projeto do Ecomuseu, pois consideramos que seria de excelente aprendizado para sua formação.

A seguir será apresentada uma contextualização do problema a ser trabalhado, segundo informações disponibilizadas pela equipe do projeto coordenada por Maria Siqueira Santos.

### **1.1 Contextualização do trabalho com Ecomuseu Campos de São José**

O texto a seguir foi escrito pela coordenadora do projeto Ecomuseu, Maria Siqueira Santos: “a cidade na Zona Leste de São José de São José dos Campos cresce em cima de rios, ribeirões e nascentes, impacta flora e fauna, reduz a permeabilidade do solo e colabora com o aumento de emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Esse impacto ambiental inerente à urbanização precisa ser, todavia, amenizado. É urgente repensar o planejamento urbano e reconsiderar as possibilidades de equilíbrio entre os grupos humanos urbanos e o ambiente natural em que eles vivem, a fim de sermos capazes de trilhar com sucesso o caminho da sustentabilidade humana sobre a Terra. Não é apenas uma mudança institucional, legislativa que precisa ser feita. Seria simples. Precisamos nós, sociedade, mudar nossa relação com o planeta, precisamos repensar o modelo de gestão do lixo, aprender a armazenar recursos naturais para uso doméstico, como a água da chuva, experimentar em escala familiar o cultivo orgânico de alimentos, repensar os usos dos parques públicos e demais espaços verdes, entender a importância dos rios, das matas, encantar-nos com os animais. Precisamos nos exercitar enquanto cidadãos responsáveis pelo nosso território, começando pela vizinhança, pelo bairro, pelo



patrimônio local. O Ecomuseu, enquanto uma Tecnologia Social é um instrumento capaz de provocar este exercício de cidadania, essa nova atitude do homem em relação ao coletivo, ao território. Na área leste do município é por onde correm os afluentes do rio Paraíba do Sul de sua margem direita. Embora não sejam rios de grande volume de água, têm importância porque percorrem toda a malha urbana e constituem grande parte do sistema de drenagem e esgotamento do município”.

Segundo dados da Prefeitura de SJC, “os de maior destaque são os rios Comprido, Pararangaba e Alambari, além dos córregos Vidoca, Senhorinha e Cambuí”. A área de atuação que está sendo proposta para execução desse projeto abrange bairros por onde passam três microbacias citadas: a do Pararangaba, a do Alambari e a do Cambuí.

Esses locais, embora ambientalmente importantes, são normalmente percebidos pelos moradores como áreas de problemas socioambientais, onde ocorrem despejos de entulhos nas margens degradadas dos rios, assoreamentos, despejos de esgotos, além da sensação de insegurança dos moradores do entorno da mata, a presença de gado nas ruas do bairro para pastarem à beira do rio, a falta de manutenção da Prefeitura em relação à vegetação.

Ainda de acordo com Maria Siqueira Santos, certamente trata-se de uma questão de gestão pública, porém, também, a comunidade é responsável pela degradação ambiental quando joga o entulho no território, despeja o esgoto no rio ou põe fogo no mato. Sabe-se que é necessário o envolvimento dos variados atores sociais para que as transformações mais estruturais aconteçam no âmbito ambiental, pois, trata-se, no que diz respeito ao cotidiano das comunidades, de uma mudança cultural duradoura.

É preciso o envolvimento das empresas privadas, das instituições do 3º setor, da gestão pública, das instituições de ensino, de saúde, do meio ambiente, das lideranças espontâneas locais, do morador comum, dos jovens, adolescentes e crianças. O projeto Ecomuseu dos Campos de São José, por meio de sua ampla e descentralizada atuação, objetiva alcançar, com seu Programa de Educação Ambiental e Patrimonial, todos esses grupos que compõem as comunidades. Atuando tanto em espaço físico próprio como em parceria com instituições da Zona Leste, realizando ações de campo em 17 bairros e promovendo ações nos territórios conforme a demanda levantada.

O Parque Alambari, localizado nos bairros Campos de São José e Jardim Mariana II, tem 25,5 hectares, com área de mata nativa e reflorestamento voltado ao lazer, cortado pelo córrego que lhe dá nome, é um parque de extensão que pretende ser um corredor ecológico para os animais, um espaço de lazer e descanso para as famílias e um laboratório de Educação Ambiental.

Diante deste contexto, este trabalho apresenta como objetivo geral mapear as áreas verdes dos bairros contemplados pelo projeto Ecomuseu/REVAP, por meio de uma metodologia que possa ser replicada, combinando métodos de geoprocessamento e técnicas de processamento automático de imagens, integrados a sistemas de informações geográficas.

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Elaborar um banco de dados geográficos;

- Avaliar a aplicabilidade e as limitações do método de classificação digital de imagens supervisionada, com segmentação, para identificar as áreas verdes;
- Avaliar as condições ambientais das AVs, através do indicador de áreas por bairro (IAVPB).

Como resultado, o Ecomuseu terá um banco de dados com as imagens de satélite e áreas verdes mapeadas para subsidiar suas atividades, possibilitando avaliações temporais para acompanhamento destas áreas nos bairros e, que posteriormente, terão a metodologia replicada nos demais bairros que fazem parte do projeto.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Conceito de Ecomuseu**

“Ecomuseus são museus cuja preocupação é a resolução das necessidades do grupo, não havendo qualquer preocupação com um público; não são museus para serem visitados, o que não impede que isso aconteça, mas para serem vividos no cotidiano pelos partícipes das sociedades que os construíram. De certa forma, a ideia de patrimônio global responde pela definição desses museus: a própria vida, natural e cultural, é o patrimônio maior a preservar. Como processar tudo isso? Identificando esse patrimônio, pesquisando sobre ele, inventariando-o e comunicando-o para que cada vez mais seja percebido assim pela sociedade e assumido responsavelmente por ela. Por fim, transmitindo-o, reciclado e transformado, às gerações futuras. São museus que se reconhecem como museus, pois coletam, pesquisam, inventariam e comunicam memórias – representadas pelo patrimônio – e as preservam, transformando-as ou recriando-as, transmitindo-as para a posteridade para que em algum outro momento de sua história possam ser utilizadas em benefício das sociedades (Priosti & Priosti, 2013; APUD Santos, 2020)”.

O Ecomuseu adquire uma função educativa, ao viabilizar que os sujeitos envolvidos possam desenvolver o senso crítico, ou seja, o Ecomuseu “educa” através da conscientização e da reflexão (Wild, 2017). O projeto Ecomuseu dos Campos de São José é uma realização do CECP com apoio da Prefeitura de São José dos Campos em parceria com a Petrobras por meio do Programa Petrobras Socioambiental (PMSJC, 2014).

### **2.2 SENSORIAMENTO REMOTO NA CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

#### **2.2.1 Imagens de sensoriamento remoto**

Sensoriamento remoto foi definido por Novo (1998) como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles e Figueiredo (2005) apresenta o conceito como processo de captação de informações dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores, sem

contato direto com os mesmos, associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações.

A aquisição de imagens de sensoriamento remoto pode ser feita em diversos catálogos, como, por exemplo, o *United States Geological Survey* (USGS) e a Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE). É essencial que o analista, no processo de aquisição, tenha o conhecimento de sua área de estudo, da escala de tempo que se deseja analisar e, ainda, inferir escalas de resolução espacial para assim escolher quais sensores e satélites devem ser utilizados para o projeto.

A análise de imagens de satélite engloba diversos procedimentos, com o objetivo de melhor extrair informações, como por exemplo, realçar o contraste entre feições, obter maiores resoluções espaciais, criar índices que valorizam determinados alvos e classificar alvos em uma cena. Deste modo, é possível gerar mapas temáticos e efetuar análises que podem conter informações voltadas à restauração ou monitoramento de áreas naturais, entre outras áreas de interesse. O satélite de sensoriamento remoto de média/alta resolução CBERS 04<sup>a</sup> é um produto da parceria entre Brasil e China, sendo o INPE o órgão responsável no Brasil. Opera no espectro do visível, com resoluções espaciais que variam de 2 a 60 metros, conforme mostra a tabela 01 abaixo. O conjunto de sensores, câmeras imageadoras, sistemas, entre outros subsistemas é composto por: Câmeras Multiespectrais e Pancromática de Ampla Varredura (WPM); Câmera Multiespectral (MUX); Câmera imageadora de Campo Largo (WFI); Transmissor de Dados de Imagem (DTS) para as câmeras MUX, a WFI e WPM; Gravador de Dados Digital (DDR); Sistema de Coleta de Dados (DCS); Monitor do Ambiente Espacial (SEM) (INPE, 2019).

O sensor WPM nível L4 faz parte das principais câmeras do satélite, com resolução espacial de 8 metros, o qual, com sua banda pancromática, pode chegar a resolução de 2 metros. Outras especificações dizem respeito à largura da faixa imageada de 92 km, com cinco bandas, variando seus comprimentos de onda de 0,45 até 0,90 $\mu$ m, como pode ser visto, também, na tabela a seguir, referente aos comprimentos de onda (INPE, 2019).

Tabela 01: Comprimentos de onda e bandas CBERS 04A

<b>Bandas</b>	<b>Comprimento de Onda</b>
Azul	0,45-0,52 $\mu$ m
Verde	0,52-0,59 $\mu$ m
Vermelho	0,63-0,69 $\mu$ m
Infravermelho Próximo	0,77-0,89 $\mu$ m
Pancromático	0,45-0,90 $\mu$ m

Fonte: Adaptado de INPE (2019).

Imagens do satélite Sentinel, com lançamento no ano de 2014, com o planejamento e criação do projeto da Agência Espacial Europeia (ESA), em parceria com a Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus, também foram utilizadas neste trabalho.

O primeiro satélite da série Sentinel 2A operado pela ESA<sup>1</sup>, lançado em 2015, possui a bordo um sensor Multiespectral de 12 bandas (MSI) que variam seu comprimento de onda de 0,443 até 2,20  $\mu\text{m}$ .

Os Sentinel 2a e 2B (2015) têm capacidade de revisita de 5 dias, apresentam 13 bandas, sendo 4 delas resolução espacial de 10 m, 6 com resolução de 20m e 3 com resolução de 60m, conforme mostra a tabela 02 abaixo (ENGESAT, 2022).

Tabela 02: Características do Sentinel 2

Resolução	Nr da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)	Combinações de Bandas
10 m	B02	Blue (Azul)	490	Cor Verdadeira RGB 04/03/02 Falsa Cor 1 e 2 RGB 08/04/03 e 04/08/03
	B03	Green (Verde)	560	
	B04	Red (Vermelho)	665	
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842	
20 m	B05	Red Edge 1	705	SWIR 1 RGB 12/11/8A
	B06	Red Edge 2	740	
	B07	Red Edge 3	783	
	B08A	Red Edge 4	865	
	B11	SWIR 1	1610	
	B12	SWIR 2	2190	
60 m	B01	Aerossol	443	-
	B09	Water Vapor	940	
	B10	Cirrus	1375	

Fonte: ENGESAT (2022)

Neste trabalho, também foi utilizada imagem da constelação de satélites RapidEye que é formada por cinco microssatélites multiespectrais (Tachys, Mati, Trochia, Choros e Choma), que foram lançados por um foguete russo em meados de agosto de 2008. Uma das principais funcionalidades oferecidas pela constelação RapidEye é a agilidade em gerar conjuntos de imagens de toda cobertura terrestre em pouco tempo, sendo essencial em qualquer atividade de monitoramento por uma alta resolução temporal (EMBRAPA, 2020). Com frequência de revisita diária, com visada

<sup>1</sup> ESA- Agência Espacial Europeia é uma organização internacional que reúne 22 Estados membros. Através da coordenação dos recursos financeiros e intelectuais dos seus membros, pode levar a cabo programas e actividades muito para além do alcance de um único país europeu. colocar nas ref. [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Portugal/ESA\\_-\\_Factos\\_e\\_numeros](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Portugal/ESA_-_Factos_e_numeros)

“off”-nadir (lateral) e 5.5 dias no nadir (vertical). O sensor RapidEye Earth Imaging System (REIS) detecta cinco faixas espectrais: 440-510 nm (Azul), 520-590 nm (Verde), 630-690 nm (Vermelho), 690-730 nm (Red edge), 760-880 nm (Infravermelho próximo), como pode se observar na tabela 03 e resolução espacial de 6.5 m (nível 1B), reamostrada para 5 m se for ortorretificada (nível 3A). A cobertura completa do Brasil por imagens dos satélites RapidEye foi adquirida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o intuito de utilizá-las em programas de monitoramento e pesquisas (EMBRAPA, 2020).

Tabela 03: Comprimentos de onda, bandas RapidEye

<b>Bandas</b>	<b>Comprimento de Onda</b>
Azul	0,44-0,51 $\mu$ m
Verde	0,52-0,59 $\mu$ m
Vermelho	0,63-0,685 $\mu$ m
Red-Edge	0,69-0,73 $\mu$ m
Infravermelho Próximo	0,76-0,85 $\mu$ m

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2020).

### 2.2.2 Classificação de Imagens

Um mapa temático mostra a distribuição espacial de características identificáveis na superfície da terra e a classificação de imagens é um meio usado para produzir mapas temáticos a partir de imagens de satélite, com o intuito de gerar mapas temáticos.

A 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 (Manual do Spring, 1997).

A análise de imagens digitais pode ser efetuada através de método de classificação pixel-a-pixel, ou seja, a identificação do objeto é feita levando-se em conta apenas característica pontual, não levando em consideração o contexto onde o pixel está inserido (vizinhança). Um procedimento alternativo à classificação pontual trata-se de subdividir a imagem em regiões, formando uma imagem segmentada, de onde são extraídos atributos espectrais, geométricos e contextuais, os quais são usados na classificação de cada região. Esta abordagem é uma tentativa de incorporar outros tipos de informação, além das espectrais, usualmente utilizadas, para melhorar os resultados da classificação (Bins et al., 1992; Gavina et al. , 1998).

O algoritmo de segmentação utilizado possui dois limiares, o de similaridade e o de área. O primeiro é o limiar abaixo do qual duas regiões são consideradas similares e

então agrupadas. O segundo limiar é o valor da área mínima dado em número de pixels, para que uma região seja individualizada. A definição dos limiares é uma etapa crítica do processo, pois determinará a precisão da segmentação. Se os limiares forem muito baixos, o processo não atribuirá muitos pixels às classes. Por outro lado, se forem muito altos, pixels representativos de diferentes classes serão incorretamente agrupados. Por esta razão, a imagem de bordas precisa ser avaliada para confirmar ou rejeitar os limiares adotados (SCHOENMAKER, 1990).

O classificador utilizado neste estudo é do tipo supervisionado, em imagens segmentadas obtidas por crescimento de regiões. Utiliza a distância de Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Leão et al., 2007). O classificador de Bhattacharya requer a seleção de áreas de treinamento, podendo utilizar as regiões obtidas pela segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas (SILVA e VEROLA, 2013).

### **2.2.3 Conceito e importância das áreas verdes**

No ecossistema urbano, as áreas verdes, que por sua vez são os elementos fundamentais dos espaços livres, auxiliam na composição de uma maior qualidade de vida, ligado diretamente com a diminuição do índice de poluição do ar, microclima, recreação, bem estar e aspectos paisagísticos. Entretanto as definições que permeiam o conceito de áreas verdes ainda buscam uma maior padronização do termo, que muitas das vezes ainda é confundido com terminologias da área como cobertura vegetal, espaços livres e entre outros (COSTA, 2009).

Áreas verdes são de suma importância para o equilíbrio e a manutenção ambiental de cidades, por estar ligado a aspectos ecológicos essenciais para o equilíbrio do ecossistema. Assim, quando se tem o processo de planejamento urbano, as áreas verdes devem ser um dos pontos primordiais, de modo que sua disponibilidade, qualidade e ocorrência nas áreas urbanas devem ser priorizadas (CUNHA, 2016).

A retomada e recuperação de matas nativas por meio da criação ou manutenção de áreas verdes esboça uma solução em busca do equilíbrio entre o meio natural e antrópico, mesmo que ainda utópicamente.

O conceito de áreas verdes (AVs) adotado neste trabalho é o mesmo da prefeitura municipal de São José dos Campos: “são espaços com vegetação e arborização, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, com restrições a edificações, que desempenhem função ecológica e paisagística, visando tanto à conservação da biodiversidade quanto ao uso urbanístico propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, promovendo não somente preservação como também usos recreativos de forma a criar uma apropriação e valorização desses ambientes pela população (PMSJC, 2017).”

De acordo com Bargas e Matias (2011) a elaboração de índices tem sido uma técnica amplamente utilizada para quantificação e avaliação da vegetação interurbana. No Brasil é reconhecida, em termos de índice de áreas verdes (IAV), a recomendação de

metodologias que permitam o índice mínimo de 15m<sup>2</sup>/habitante de áreas verdes destinadas à recreação, recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU). No entanto, os autores alertam que a metodologia mais utilizada para o cálculo do IAV considera a divisão entre o somatório das áreas verdes e o número de habitantes, resultando em um cálculo simplificado. Desta forma, o IAV pode ser elevado em determinadas localidades não pela quantidade de áreas verdes, mas pela reduzida quantidade populacional do local (NUCCI, 2001).

O indicador de áreas verdes (IAV) é calculado pela somatória das AVs por bairro e dividido pelo número de habitantes. Este indicador avalia as condições ambientais das AVs com base no índice de evolução desses locais (Almeida, 2021). Neste trabalho, adotaremos o IAV para avaliar a condição ambiental, em termos de das AVs, na área de estudo.

Os conceitos sobre áreas verdes divergem na literatura e, assim, os indicadores relacionados a estes conceitos também divergem. No entanto, os indicadores têm em comum as variáveis relacionadas ao número de habitantes por região ou bairro. A tabela 4 abaixo apresenta alguns destes conceitos. Neste estudo utilizamos o índice de áreas verdes (IAV).

Tabela 04: Relação dos indicadores de áreas verdes urbanas, conforme suas fórmulas e referências.

Descrição dos indicadores	Fórmulas	Referências
Percentual de Áreas Verdes - PAV	$PAV = \frac{\text{Áreas Verdes (m}^2\text{)}}{\text{Área do Bairro}}$	NUCCI (2001); CAPORUSSO & MATIAS (2008)
Indicador de Áreas Verdes - IAV	$IAV = \frac{\text{Total de Áreas Verdes (m}^2\text{)}}{\text{Número de habitantes}}$	NUCCI (2001); CAPORUSSO & MATIAS (2008)
Indicador de Áreas Verdes por Bairro - IAVPB	$IAVPB = \frac{\text{Total Áreas Verdes/Bairros (m}^2\text{)}}{\text{N}^\circ \text{ habitantes/bairros}}$	CAPORUSSO & MATIAS (2008)
Indicador de Distribuição Espacial das Áreas Verdes - IDEAV	$IDEAV = \frac{\text{Total Áreas Verdes /Região (m}^2\text{)}}{\text{N}^\circ \text{ habitantes /região}}$	Próprio autor
Indicador de Pressão Antrópica sobre Áreas Verdes - IPAAV	$IPAAV = \frac{\text{Total Áreas V. Degradadas (m}^2\text{)}}{\text{Total Áreas Verdes Urbanas}}$	Próprio autor
Indicador de Áreas Verdes Utilizáveis - IAVU	$IAVU = \frac{\text{Total Áreas Verdes Utilizáveis (m}^2\text{)}}{\text{N}^\circ \text{ habitantes}}$	Próprio autor

Fonte: (ALMEIDA, 2021).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

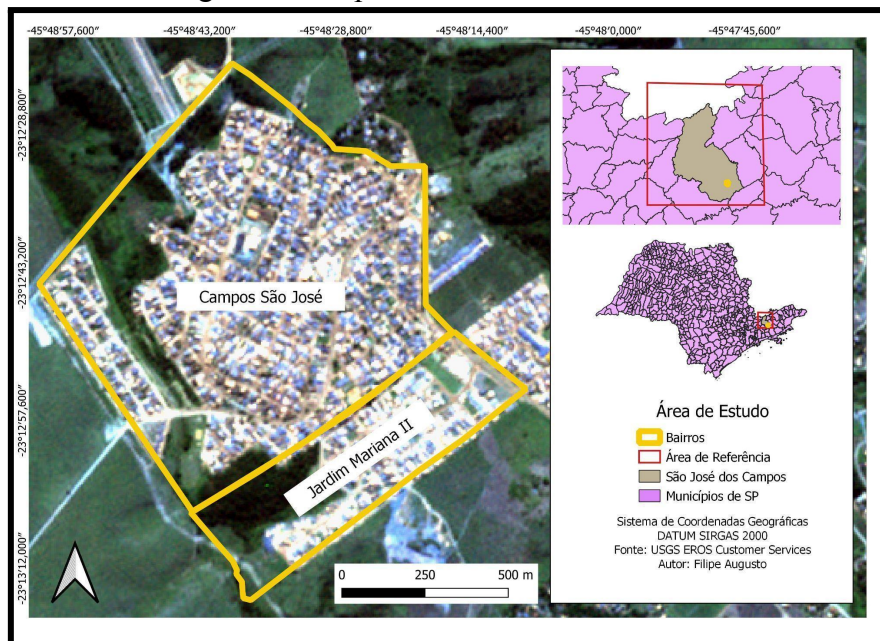
#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Segundo informações obtidas através do site da prefeitura com o informativo São José em Dados (PMSJC, 2022), a região leste ocupa uma área territorial de 13.469 hectares e atingiu, em 2010, uma população de 160.990 pessoas, sendo a 2ª área em densidade demográfica do município. A população é formada por migrantes ou descendentes de migrantes das diversas regiões do Brasil, com ênfase nos Estados do Nordeste e Minas Gerais. Em termos econômicos, trata-se de uma população de classe média baixa e classe baixa, prestadora de serviços diversos no comércio e na indústria, com um percentual elevado (médio e alto) em vulnerabilidade social. A urbanização continua em expansão, com construção de conjuntos habitacionais e loteamento de bairros, além da existência de loteamentos irregulares em áreas rurais vizinhas.

Como já mencionado anteriormente, o projeto Ecomuseu, neste momento está atuando com os 17 bairros selecionados pela REVAP, para sua segunda fase. O critério de seleção dos bairros, além de estarem na região priorizada pela REVAP, foi a proximidade geográfica deles com os cursos de água importantes da região: rio Alambari, rio Cambuí, rio Cajuru e rio Pararangaba. Assim, foram selecionados por apresentarem Áreas de Preservação Permanente (APP) possíveis de serem reflorestadas e cultivadas como agroflorestas ou florestas de bolso<sup>2</sup>.

Neste relatório, apresentamos o trabalho iniciado com o Parque Alambari, delimitado nos bairros Campos São José e Mariana II, do município de São José dos Campos, SP, como mostra a figura 1 abaixo. Esta área faz parte da fase inicial do projeto e ainda conta com atuação do Ecomuseu através de mutirões e educação ambiental.

Figura 01: Mapa referente a área de estudo.



Fonte: Produção do autor.

<sup>2</sup> Floresta de bolso: Floresta de Bolso é uma técnica natural de restauração da Mata Atlântica desenvolvida por Ricardo Cardim baseada na sua dinâmica competitiva-cooperativa. A composição e espaçamento da restauração procuram respeitar a evolução original das florestas, o que proporciona um crescimento mais rápido, menor índice de perdas, baixo consumo de água e menos manutenção.



### 3.2 MATERIAL

As imagens utilizadas neste trabalho podem ser observadas na Tabela 05 a seguir.

Tabela 05. Imagens utilizadas.

Satélites	Bandas	Sensor	Data da Cena	Resolução espacial
Cbers 4A	Pan, Verm., Azul, Verde e Infrav. próximo	WPM nível 14	Agosto/2020	8m/2m
Sentinel 2-A	Azul, Vermelho e Infrav. próximo	MSI	Agosto/2016	10m
Rapideye	Azul, verde, vermelho e Infrav. próximo	REIS	Setembro/2011	5m

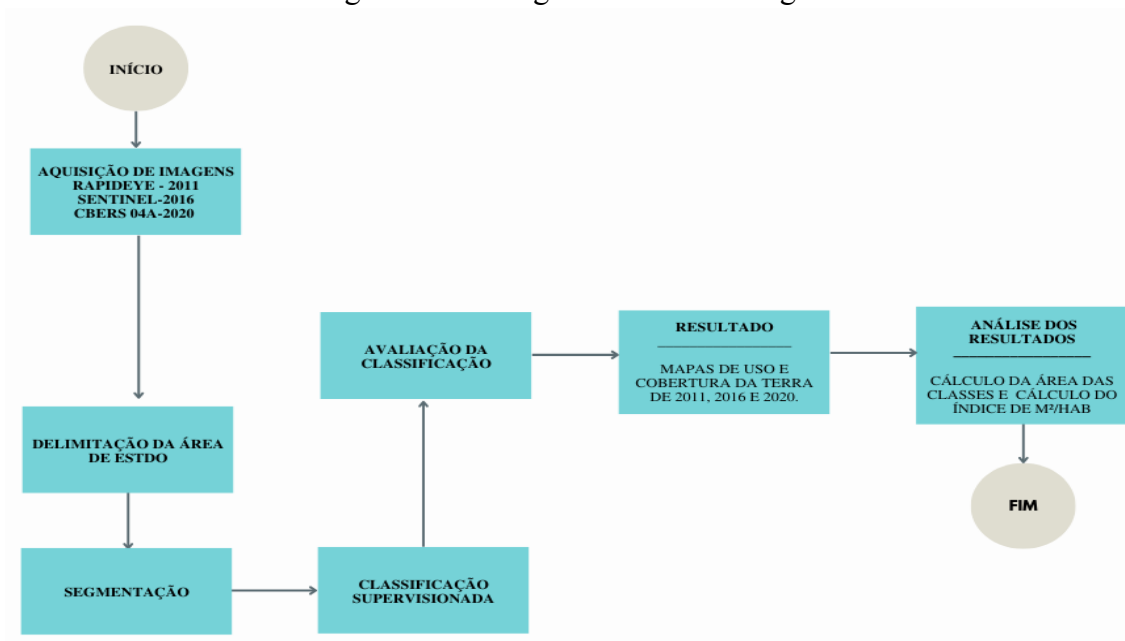
Fonte: Produção do autor.

Para o desenvolvimento da metodologia foram utilizados os SIG: SPRING (Câmara et al. 1996) e QuantunGis 3.22.3 (QGIS, 2022).

### 3.3 METODOLOGIA

A figura abaixo apresenta o fluxograma da metodologia adotada.

Figura 02: Fluxograma da metodologia



Fonte: Produção do autor.

### **3.3.1 Aquisição de imagens**

Inicialmente foi realizada a seleção e aquisição das imagens de satélite para representar a escala de tempo desde a implantação do Parque Alambari, em 2008, início das atividades do Ecomuseu nos bairros Campos de São José e Jd Mariana II e, também, uma imagem, com data mais recente, para mostrar a evolução do trabalho no período de análise.

Ao conciliar os fatos e a disponibilidade de imagens, foram selecionados os anos de: 2011, a data mais próxima de imagem em relação à criação do Parque; uma imagem de 2016, data próxima à entrada do Ecomuseu no Parque (ocorreu em 2015) e 2020, uma imagem para avaliação do estado mais recente do Parque. Sendo assim, por meio do catálogo da divisão de geração de imagens (DGI) do INPE obteve-se uma imagem de satélite CBERS-4A, do sensor WPM nível L4 (bandas pan, vermelho, azul, infrav. próximo e verde) do ano de 2020. A obtenção da imagem de 2016 do satélite Sentinel, foi realizada através do catálogo da *United States Geological Survey* (USGS). Por último, para aquisição das imagens de 2011 da constelação RapidEye foi realizado o download gratuito através do geocatálogo do ministério do meio ambiente (MMA).

### **3.3.2 Fusão entre bandas da imagem CBERS 04A**

Nesta etapa foi realizada a fusão de bandas do satélite CBERS-4A. Apesar da resolução espacial de 8m (multiespectral) ser considerada adequada para o trabalho, o procedimento de fusão entre bandas multiespectrais e a pancromática, com resolução espacial de 2m, foi efetuado e trouxe melhor qualidade à imagem.

O procedimento foi efetuado por meio do SIG QGIS, com o auxílio do Tutorial: Monitoramento do espaço através de imagens de Satélite (NOVAES e ORTIZ, 2021).

### **3.3.3 Delimitação da área de estudo**

O recorte da área de estudo foi realizado tendo como base o limite dos bairros Campos de São José e Jardim Mariana II, localizados na zona leste de São José dos Campos, onde está situado o Parque Alambari, conforme apresentado na Figura 01 acima. As imagens de satélite foram recortadas para conter apenas a área de estudo, de modo a tornar os procedimentos de segmentação e classificação mais rápidos.

### **3.3.4 Segmentação e classificação**

A segmentação foi realizada no SIG SPRING, com método de crescimento de regiões. Para cada imagem foram considerados limiares distintos, pois cada uma delas possui resoluções espaciais diferentes, o que interfere no processo de agrupamento dos pixels.

O processo de segmentação de imagens requer a definição das bandas espectrais e dos limiares de similaridade e de área. As bandas referentes às faixas do Azul, vermelho e infravermelho próximo foram usadas nas segmentações das 3 cenas. Vários

testes foram efetuados para definir os limiares espectrais e de área mais adequados para cada cena, pois estes parâmetros definem a qualidade da segmentação que será usada na classificação.

Os valores dos limiares estão relacionados às resoluções espaciais e espectrais de cada cena, que neste estudo são diferentes, por razões de disponibilidade de imagens do mesmo satélite.

Após os testes e aplicação das segmentações foi realizada a classificação supervisionada com distância de Bhattacharya no SPRING. Para isso, foram coletadas amostras a partir dos segmentos obtidos em cada cena. As classes consideradas neste trabalho são apresentadas na tabela 06, considerando as classes de vegetação da área de estudo (Vegetação densa, Vegetação Intermediária, Pasto e Gramínea). Esta identificação de classes foi necessária para que o classificador pudesse identificar todos os tipos de vegetação na área de estudo. Na tabela 07, as classes foram agrupadas em uma única classe de áreas verdes, para atingir o propósito do estudo.

Tabela 06: Descrição das classes Vegetação Densa, Vegetação Intermediária, Pasto, Solo Exposto, Área Construída e Gramínea.

	CLASSE	DESCRIÇÃO
	Vegetação Densa	Áreas com vegetação arbórea densa, com rugosidade e abundância de vegetação e arbustos grandes.
	Vegetação Intermediária	Áreas com vegetação em transição, reflorestamento, rugosidade média.
	Pasto	Pastagem, vegetação rala.
	Solo exposto	Áreas desprovidas de vegetação: solo visível e amostra
	Área construída	Áreas com ação antrópicas: edificações para diversos intuitos
	Gramínea	Áreas com vegetação rasteira: grama e pequenos arbustos.

Fonte: Produção do autor.

Tabela 07: Descrição das classes, Área Verde, Solo Exposto e Área Urbana

	CLASSE	DESCRIÇÃO
	Área verde	Áreas com vegetação arbórea densa, com rugosidade e abundância de vegetação e arbustos grandes. Áreas com vegetação em transição, reflorestamento, rugosidade média. Pastagem, vegetação rala. Áreas com vegetação rasteira: grama e pequenos arbustos.

	Solo exposto	Áreas desprovidas de vegetação: solo visível e amostra
	Área construída	Áreas com ação antrópicas: edificações para diversos intuitos

Fonte: Produção do autor.

Para o treinamento da classificação, foram utilizadas como amostras as próprias regiões segmentadas, e nas amostras de testes foram utilizados pontos como forma de validação e elaboração da avaliação da classificação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta os resultados e as avaliações obtidas com a metodologia apresentada. Após os testes para segmentação, para cada imagem, os seguintes limiares foram definidos (Tabela 08).

Tabela 08: Limiares adotados para segmentação de cada cena

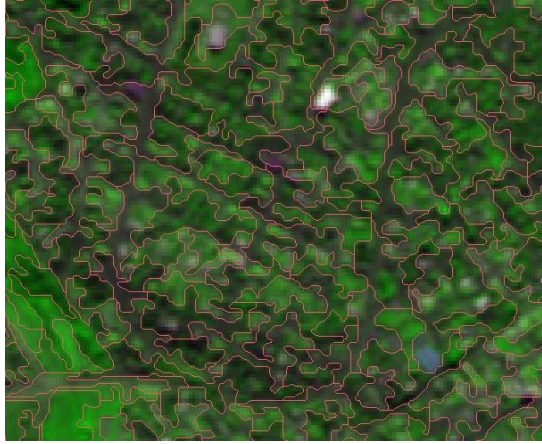

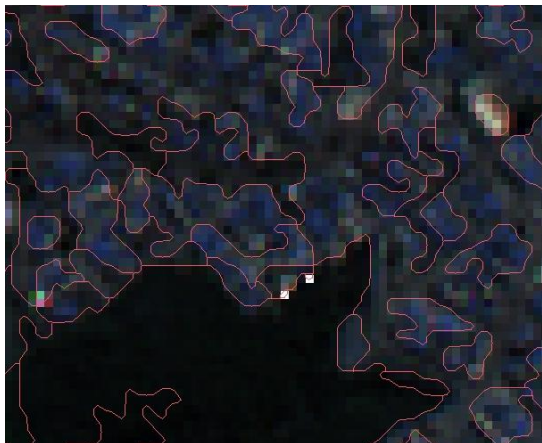
Cenas	Similaridade	Área
<b>RapidEye (2011)</b>	60	60
<b>Sentinel (2016)</b>	10	15
<b>CBERS-4A (2020)</b>	35	15

Fonte: Autor.

Por conta das diferentes resoluções espaciais e espectrais de cada imagem utilizada (Tabela 05), para se atender a demanda da escala temporal, os limiares variaram de acordo com a melhor segmentação obtida na fase de teste. Na Tabela 09 podemos observar os resultados das segmentações em cada cena.

É importante ao escolher os limiares, evitar o excesso de regiões para não incorrer em um número grande de classes no processo de classificação de regiões, dificultando a rotulação dessas classes.

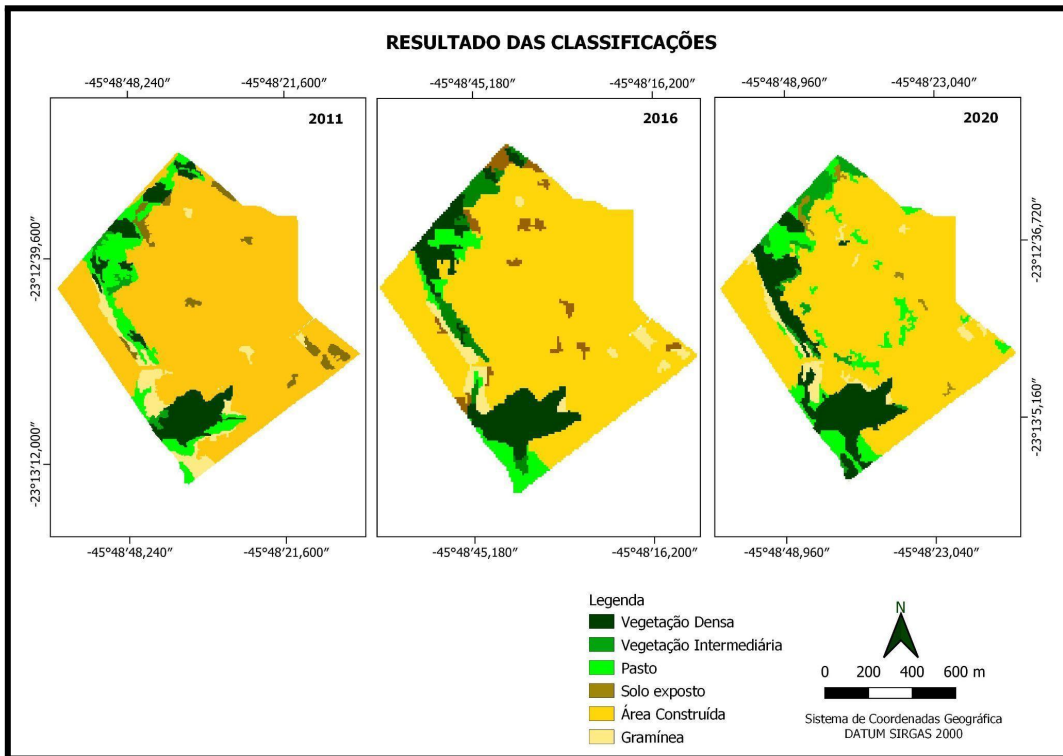
Tabela 09: Resultado dos limiares aplicados a cada cena.

Cena	Resultado
Cena RapidEye 2011	
Cena Sentinel 2016	
Cena CBERS - 04A 2020	

Fonte: Autor

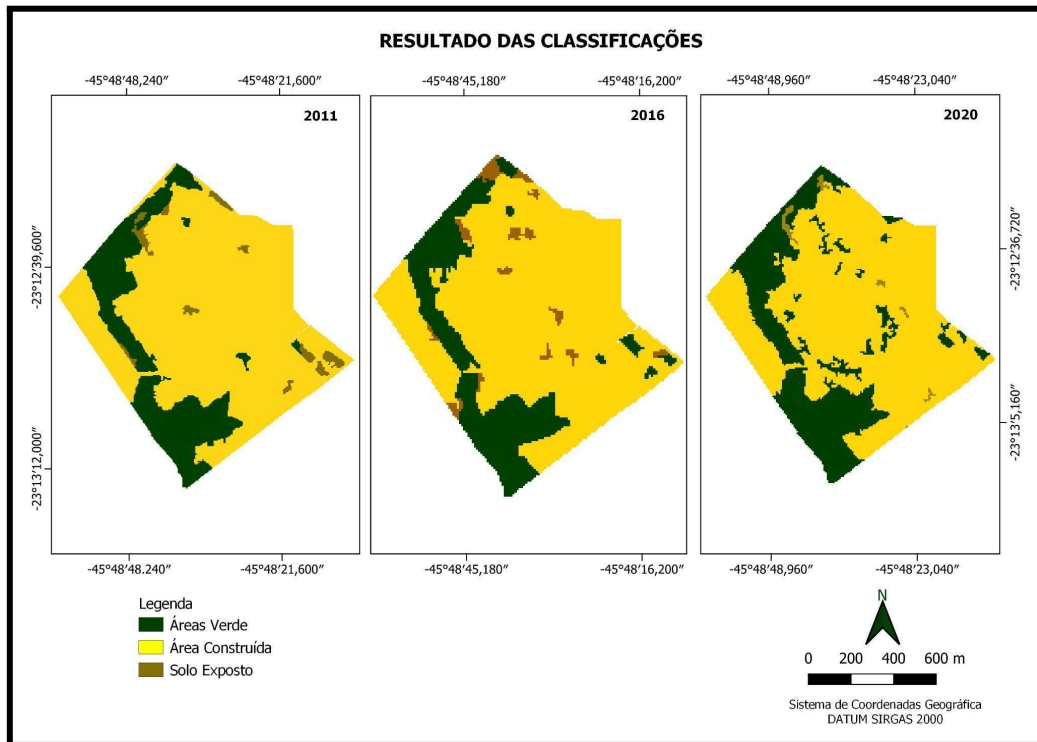
A figura abaixo (Figura 03) mostra o resultado das classificações em cada cena, considerando as classes de vegetação previamente definidas na tabela 6. A figura 04 mostra o resultado da classificação com as classes de vegetação agrupadas como definidas na tabela 7.

Figura 03: Resultado das classificações com todas as classes de vegetação.



Fonte: Autor

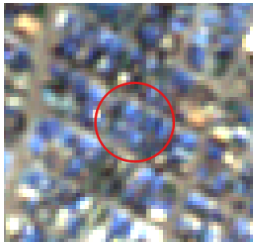


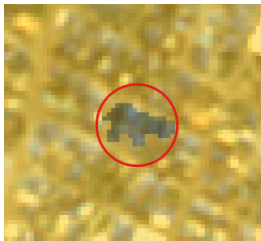
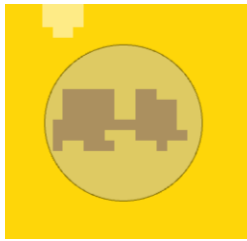

Figura 04: Resultado das classificações com as classes de vegetação agrupadas em áreas verdes.



Fonte: Autor






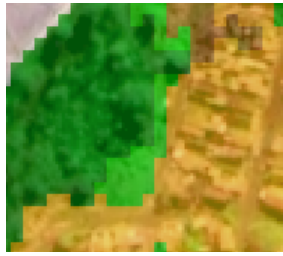
As tabelas a seguir fazem referência às inconsistências e consistências que foram observadas como resultado do classificador.

Tabela 10: Inconsistências das classificações para cada ano

Inconsistências	Cena RapidEye 2011	Cena Sentinel 2016	Cena CBERS - 04A 2020
Imagem			
Classificação			

Fonte: Autor

Tabela 11: Consistências das classificações para cada ano.

Consistências	Cena RapidEye 2011	Cena Sentinel 2016	Cena CBERS - 04A 2020
Imagem			
Classificação			

Fonte: Autor

A seguir são apresentadas as matrizes de confusão, resultantes do processo de avaliação das classificações. Foram coletados pontos conforme o tamanho da área de cada classe, com o intuito de não subestimar e nem superestimar as amostras, de forma aleatória para cada classe mapeada. Após obtenção dos pontos através das imagens RapidEye, Sentinel, CBERS-4A e Google Earth Pro, foi possível realizar a análise da acurácia global e o cálculo do coeficiente Kappa conforme em CONGALTON, (1991). As Tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17 apresentam as matrizes de confusão de cada uma das classificações, as quais fazem referência à classe área verde e, também, às classes de vegetação mapeadas para cada ano estudado.

Tabela 12: Avaliação da classificação para a cena de 2011 (todas as classes)

**Matriz de confusão Cena 2011**

		Classificação						
		Vegetação densa	Vegetação Intermediária	Pasto	Solo Exposto	Área Construída	Gramínea	Nº de amostras
Referência	Vegetação densa	14	1	0	0	0	0	15
	Vegetação Intermediária	0	5	0	0	0	0	5
	Pasto	0	1	14	0	0	0	15
	Solo Exposto	0	0	0	5	0	0	5
	Área Construída	0	0	0	0	15	0	15
	Gramínea	0	0	2	0	0	8	10
<b>Kappa</b>		<b>0,9238</b>		<b>Exatidão global</b>		<b>93,85</b>		

Fonte: Autor

Tabela 13: Avaliação da classificação para a cena de 2011 (Classes agrupadas em Área verde).

**Matriz de confusão Cena 2011**

		Classificação			Nº de amostras	
		Área Verde	Solo Exposto	Área Construída		
Referência	Área Verde	27	3	0	30	
	Solo Exposto	1	4	0	5	
	Área Construída	0	1	14	15	
<b>Kappa</b>		<b>0,8246</b>		<b>Exatidão global</b>		<b>90%</b>

Fonte: Autor



Tabela 14: Avaliação da classificação para a cena de 2016 (todas as classes).

**Matriz de confusão Cena 2016**

**Classificação**

Referência	Classificação						
	Vegetação densa	Vegetação Intermediária	Pasto	Solo Exposto	Área Construída	Gramínea	Nº de amostras
Vegetação densa	13	2	0	0	0	0	15
Vegetação Intermediária	1	4	0	0	0	0	5
Pasto	0	2	8	0	0	0	10
Solo Exposto	0	0	1	4	0	0	5
Área Construída	0	0	0	0	20	0	20
Gramínea	0	0	1	0	0	9	10

<b>Kappa</b>	<b>0,8648</b>	<b>Exatidão global</b>	<b>89,23%</b>
--------------	---------------	------------------------	---------------

Fonte: Autor

Tabela 15: Avaliação da classificação para a cena de 2016 (Classes agrupadas em Área verde).

**Matriz de confusão Cena 2016**

**Classificação**

Referência	Classificação			
	Área Verde	Solo Exposto	Área Construída	Nº de amostras
Área Verde	32	3	0	35
Solo Exposto	1	8	1	10
Área Construída	0	0	20	20

<b>Kappa</b>	<b>0,8735</b>	<b>Exatidão global</b>	<b>92,31%</b>
--------------	---------------	------------------------	---------------

Fonte: Autor.

Tabela 16: Avaliação da classificação para a cena de 2020 (todas as classes).

Matriz de confusão Cena 2020

		Classificação						N° de amostras
		Vegetação densa	Vegetação Intermediária	Pasto	Solo Exposto	Área Construída	Gramínea	
Referência	Vegetação densa	13	2	0	0	0	0	15
	Vegetação Intermediária	1	4	0	0	0	0	5
	Pasto	0	0	8	0	0	2	10
	Solo Exposto	0	0	1	4	0	0	5
	Área Construída	0	0	0	0	20	0	20
	Gramínea	0	0	2	0	0	8	10
<b>Kappa</b>		<b>0,8450</b>		<b>Exatidão global</b>		<b>87,69</b>		

Fonte: Autor

Tabela 17: Avaliação da classificação para a cena de 2020 (classes agrupadas em áreas verdes).

Matriz de confusão Cena 2020

		Classificação					
		Área Verde	Solo Exposto	Área Construída	N° de amostras		
Referência	Área Verde	29	1	0	30		
	Solo Exposto	1	4	0	5		
	Área Construída	0	0	20	20		
<b>Kappa</b>		<b>0,9353</b>		<b>Exatidão global</b>		<b>96,36%</b>	

Fonte: Autor

A partir das matrizes de confusão acima, dos anos de 2011, 2016 e 2020, considerando todas as classes de vegetação mapeadas e agrupadas em áreas verdes para cada ano respectivamente, podemos observar que a exatidão global se manteve entre 87,69% até 96,36% (Tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17). Estes valores são considerados altos de acordo com (BRANCO et al., 2018). Os valores de concordância da classificação digital Kappa, conforme mostra a tabela 18 abaixo, também se mostraram muito bons.

Tabela 18: Valores de concordância do índice Kappa para classificação

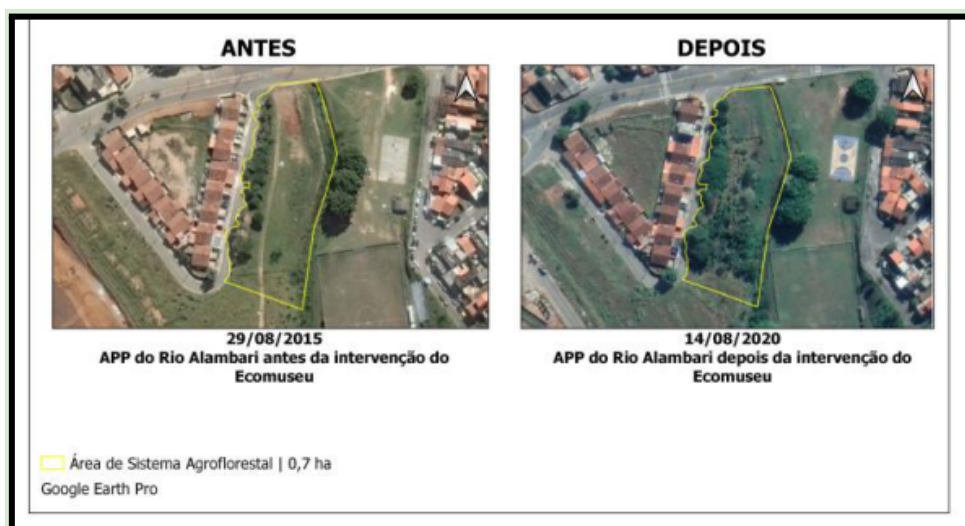
Valor do Kappa	Concordância
< 0,20	Pobre
0,21 - 0,40	Fraca
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Boa
0,81 - 1,00	Muito boa

Fonte: Adaptado de Galparsoro e Fernández (2022).

Ainda, é possível observar que as classes que obtiveram maior confusão entre si foram gramíneas com pasto e vegetação densa com vegetação intermediária. Esta confusão já era esperada uma vez que ambas possuem características espectrais semelhantes.

Atualmente, numa área com aproximadamente de 0,7 hectares, chamada de Florestinha, estão a crescer cerca de 450 árvores e já foi produzido muito alimento. Foi organizado e definido um espaço para viveiro de mudas, onde são feitos experimentos relativos à captação de água de chuva e compostagem. A figura 05 abaixo mostra o na região da Florestinha.

Figura 05: Antes e Depois da intervenção do Ecomuseu na APP do rio Alambari



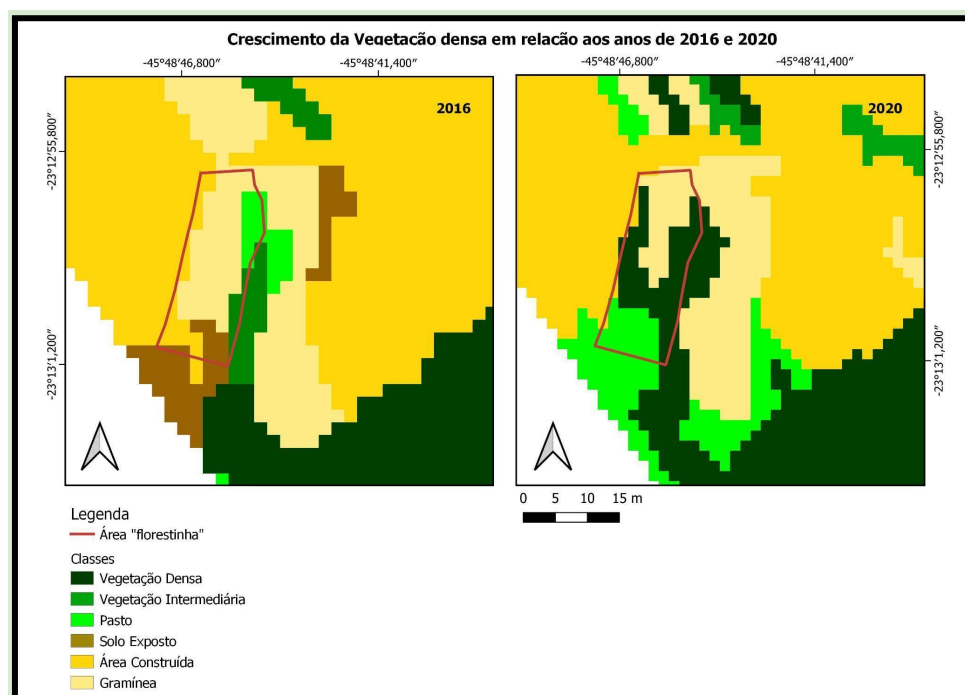
Fonte: Ecomuseu SJC

Essa atividade de implantação de Sistema Agroflorestal (SAF), realizada desde 2015, conta com o apoio e consultoria técnica da PMSJC, Secretaria de Urbanismo e

Sustentabilidade (SEURBS) e Secretaria de Manutenção da Cidade (SMC), bem como diversos parceiros. Embora seja uma escala pequena, a área tem uma localização estratégica no bairro, próxima a vários moradores de origem rural, dentro de um parque municipal, às margens de um rio que despeja suas águas no rio Paraíba do Sul. Uma área que tem potencial para crescimento arbóreo e ampliação de cultivo. Além disso, trata-se de uma experiência de apropriação positiva do espaço público pelos moradores do local, além de ser uma primeira experiência de agrofloresta urbana no município de São José dos Campos. Em 2018, moradores de outra região do bairro Campos de São José também foram mobilizados e fomentados pelo Ecomuseu para construir e manter uma horta comunitária em espaço público ocioso.

Atualmente cerca de 10 famílias cultivam seus próprios alimentos, havendo ainda considerável área para expansão. No mapa a seguir constam as áreas já fomentadas pelo Ecomuseu bem como as projecções para expansão no bairro Campos de São José. Nos demais bairros, a proposta é mapear áreas interessantes para o plantio e iniciar a sensibilização e mobilização dos moradores para a realização voluntária dessas atividades. Na figura 06 abaixo podemos observar o crescimento de vegetação densa no período de 2016 até 2020, como resultado da classificação, na região da Florestinha.

Figura 06: Resultado da classificação com crescimento da vegetação densa em relação aos anos de 2016 e 2020.



Fonte: Autor

O índice de áreas verdes (IAV) foi calculado com base na manipulação dos resultados da relação de área verde (m<sup>2</sup>) por habitante dos bairros dos Campos de São José e Mariana II (NUCCI, 2006). Foi utilizado a soma total de área verdes mapeada em

cada ano, dados do censo de 2010 para o número de habitantes (IBGE, 2010). O valor ideal, segundo a Sociedade de Arquitetura Urbanística é o equivalente a 15 m<sup>2</sup>/hab. Como é notório que para os dois primeiros anos este índice já esteja acima do valor proposto, e com um acréscimo de 41,5% para o ano de 2020, pode ser explicado em parte pelo trabalho de reflorestamento e conscientização ambiental do Ecomuseu na área, mas especialmente, no reflorestamento da APP do parque Alambari na área de estudo, que acrescenta uma vasta área de vegetação que se enquadra no conceito de áreas verdes. A tabela 19 mostra os valores obtidos para o IAV nos anos analisados.

Tabela 19: Índice de área verde por habitante nos bairros dos Campos de São José e Mariana II.

2011	2016	2020
22,63m <sup>2</sup> /hab	22,94m <sup>2</sup> /hab	32,48m <sup>2</sup> /hab

Fonte: Autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado através da análise dos resultados, a metodologia desenvolvida conseguiu obter bons resultados que auxiliam o processo de compreensão da evolução temporal da área verde analisada. No entanto, para trabalhos futuros é importante buscar alternativas para melhorar a análise para os anos iniciais, já que não houve disponibilidade de sensores de alta resolução.

Algumas alternativas seriam propor outros limiares de segmentação, testar outros classificadores como os que se baseiam na classificação não supervisionada, e também os que utilizam conceito de árvore de decisão com dados secundários. Também se considera a possibilidade de fazer trabalho de campo com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) para checar a confiabilidade da classificação

Mesmo com inconsistências causadas pela baixa resolução de imagens, foi possível observar o crescimento da área verde durante os anos no Parque Alambari, ressaltando assim a importância de iniciativas como a do projeto “Ecomuseu”, ao qual como já foi citado, além de ser uma ferramenta que auxilia numa melhor convivência entre comunidade e meio natural, é ainda uma tecnologia social que ampara regiões periféricas sobre a importância de se preservar áreas verdes no entorno de regiões com o contato de regiões urbanizadas.

E por fim, é de tamanha importância a implementação de projetos como o Ecomuseu, não só pela motivação de recuperação de áreas de matas nativas mas, também, mostrar que com a execução deste presente trabalho promove-se interação da ciência com os cidadãos.

Apresentado pela população como um manancial de problemas, o Parque Alambari era pouco utilizado e muito depredado. Os equipamentos públicos vandalizados, luzes queimadas, ausência de mata ciliar, rio assoreado e quilos de resíduos despejados às suas margens. Numa determinada ocasião em que se precisou

definir um lugar público para a realização de Feiras de Saberes e Fazeres, porém, o Parque foi indicado pelos moradores como um lugar ideal, pois, além de ser um espaço público amplo, seria uma oportunidade para aproximar a população do espaço. E, de fato, a partir daí a utilização desse espaço público foi se transformando e as pessoas passaram a demonstrar maior cuidado com o local.

Em paralelo, moradores participantes do Ecomuseu comentaram sobre a ideia de fazer um cultivo de horta comunitária num terreno público malcuidado em frente às suas casas. Esse terreno público era um trecho de mata ciliar do rio Alambari, pertencente à área do Parque. Contatada a Prefeitura Municipal, foi autorizado o cultivo de plantas alimentícias desde que em consórcio com as árvores nativas da Mata Atlânticas e Cerradas, pois, por se tratar de uma APP, deveria ser feito o reflorestamento. Os moradores ficaram motivados e, embora a atividade não constasse no escopo do projeto, iniciou-se o plantio de árvores e a manutenção de gêneros alimentícios no espaço.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.R. Gestão de áreas verdes e sustentabilidade: estudo de caso a partir de indicadores de qualidade ambiental urbana. **Paisag. Ambiente: Ensaios**, São Paulo, v. 32, n.48, 2021.

BARGOS, D.C.; MATIAS, L.F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. REVSBAU, Piracicaba, SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011.

Bins, L.S.; Erthal, G.J.; Fonseca, L.M.G. Um método de classificação não-supervisionado por regiões. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 5., Águas de Lindóia, 1992. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1992, v. 2, p. 65-68.

BRANCO, T. L. et al. Análise orientada a objetos para a classificação do uso e cobertura da terra do assentamento São José da Boa Morte, RJ. [S.l.]: Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2018.

Buccheri Filho, A. T., & Nucci, J. C. (2011). Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. *Revista Do Departamento De Geografia*, 18, 48-59. <https://doi.org/10.7154/RDG.2006.0018.0005>.

CAMARA, G; SOUZA, RCM; FREITAS, UM; GARRIDO, J. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer & Graphics**, 20:(3), 395-403, May-Jun, 1996.

Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environmental*, v. 49, n. 1, 1991.

COSTA, R.G.; FERREIRA, C.C. Análise do índice de áreas verdes (IAV) na área central da cidade de Juiz de Fora, MG. *Sociedade Brasileira de Arborização Urbana de Piracicaba*, SP, 4:1, 39-57. 2009. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66240/38117>>. Acesso em Julho de 2022.

CUNHA, F.R.B. Áreas verdes no município de São José dos Campos, SP. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Satélites de Monitoramento, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/satelites>>. Acesso em: 25 de junho de 2022.

ENGESTAT Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento – Disponível em <<http://www.engesat.com.br/sentinel-2/>>. Acesso em Julho de 2022.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Setembro, 2005. 32p. Disponível em <chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/[https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos\\_sm.pdf](https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos_sm.pdf)>.

Galparsoro, L. U. Fernández, S. P. Medidas de concordância: el índice Kappa. 2001. Disponível em: . Acesso em: Agosto, 2022.

GAVINA, Jorge Luis Pereira. BATISTA, Getulio T. ROBERTS, Dar A. CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO AMAZÔNICA ATRAVÉS DE CLASSIFICAÇÃO DE REGIÕES EM IMAGENS DE PROPORÇÃO DE COMPONENTES. **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 1483-1494.**

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, CBERS; Câmeras Imageadoras CBERS 04A, 2019. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

Manual do Spring: Noções de Geoprocessamento. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

MELLER, André Fabiano Mastella; OLIVEIRA, Carlos Antonio Vieira. Acurácia temática para a classificação de imagens utilizando abordagens por pixel e por objetos. Santa Catarina: Revista Brasileira de Cartografia, Departamento de Geociências, Programa de Pós-graduação de Engenharia de Transporte e Gestão Territorial, 2018. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44559>>. Acesso em 14 de junho de 2022.

MELO, G. A. S; MOURA, W.N.; TRENTIN, A.B. Análise comparativa algoritmos para classificação do uso do solo no município de Santa Margarida. Salão internacional de ensino, pesquisa e extensão, SIEPE, 9, Anais, Universidade Federal do Pampa | Santana do Livramento, 21 a 23 de novembro, 2017. Disponível em <[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq\\_trabalhos/13036/seer\\_13036.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/13036/seer_13036.pdf)>.

MORAES, Elisabete Caria. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. Capítulo 1. São José dos Campos: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

NOVAES, René A. Júnior; ORTIZ, Jussara de Oliveira. Tutorial, Monitoramento do Espaço através de Imagens de Satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório de aplicações de dados espaciais em apoio à sociedade, 2021.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental & adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: 1ª Edição Humanitas/FFLCH/USP, p. 1- 235, 2001.



PEREIRA JUNIOR, A. C.; ANTONIOLI, V.; BRETOS, A.L. K. Comparação entre métodos de classificação para mapeamento de áreas queimadas no parque estadual do Jalapão, Tocantins. Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 10, pp: 544-552. 2012.

PMSJC – Prefeitura Municipal de São José dos Campos. Informativo São José. Disponível em < Alambari - Prefeitura de São José dos Campos (sjc.sp.gov.br)>. Acesso em Julho de 2022.

PMSJC. **REVISÃO DO PLANO DIRETOR DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS: Caderno de mapas temáticos.** Agosto, 2017. 76p. Disponível em < chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://planodiretor.sjc.sp.gov.br/resources/uploads/Link/Arquivo/Caderno\_Mapas\_Tematicos\_rev05.pdf>. Acesso em Agosto de 2022.

PRIOSTI, Odalice e PRIOSTI, Walter. Ecomuseu, Memória e Comunidades: Museologia da Libertação e piracema cultural no Ecomuseu de Santa Cruz. Camelo Comunicação: Rio de Janeiro, 2013, p. 38-9.

QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

NOVO, E. M. L. M, - Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações - Edgard Blucher, 1998.

SANTOS, J. A. P.; TAVARES, J. R. Jr. Classificação Supervisionada e saldo de radiação para a discriminação de alvos de superfície no entorno do reservatório de Itaparica, PE. Revista Brasileira de Cartografia, Edição de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, No 69/6: 1211-1222 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936,2017.

SANTOS, M. S. Ecomuseu dos Campos de São José: entre memórias e perspectivas. São José dos Campos, SP: CECP, 2020. 108p. Disponível em <Livro Ecomuseu dos Campos de São José (calameo.com)>. 2020.

SCHOENMAKER, R.P.H.M.; Wilkinson, G.G.; Schouten, Th. E. Segmentation of remotely-sensed Images: a redefinition for operational applications. IGARSS'91, International Geoscience Remote Sensing Symposium v.2 p.1087-1090. 1990.

SILVA, B. O.; VEROLA, G. A. M. Avaliação do desempenho dos classificadores Ioseg e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

VASCONCELOS, C.H; NOVO, E.M.M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. Acta Amazonica, 34:3, 2004, 487=493. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000300014>>.

WILD, B. de M. (2017). Os Ecomuseus e museus comunitários e os desafios da acessibilidade e da inclusão. *Museologia & Interdisciplinaridade*,6(12). Disponível em: <<https://doi.org/10.26512/museologia.v6i12.16357>>. Acesso em Agosto de 2022.