

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA**

Nícolas de Pieri Moreira

**ANÁLISE ESPACIAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) SERRA
DONA FRANCISCA – JOINVILLE/SC**

Florianópolis
2021

Nícolas de Pieri Moreira

**ANÁLISE ESPACIAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) SERRA
DONA FRANCISCA – JOINVILLE/SC**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia
Orientador: Prof. Dr. Orlando Ednei Ferretti
Coorientadora: Ma. Giully de Oliveira Batalha Silva

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moreira, Nicolas de Pieri

Análise espacial da Área de Proteção Ambiental (APA)
Serra Dona Francisca - Joinville/SC / Nicolas de Pieri
Moreira ; orientador, Orlando Ednei Ferretti,
coorientador, Giully de Oliveira Batalha Silva, 2021.

74 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Área protegida. 3. Unidade de
conservação. 4. Análise espacial. 5. Uso e cobertura do
solo. I. Ferretti, Orlando Ednei. II. Silva, Giully de
Oliveira Batalha. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Geografia. IV. Título.

Nícolas de Pieri Moreira

Análise espacial da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca – Joinville/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia

Florianópolis, 20 de maio de 2021.

Prof.(a) Maria Helena Lenzi, Dr.(a)
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.(a) Orlando Ednei Ferretti, Dr.(a)
Orientador(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Danilo Piccoli Neto, Dr.(a)
Avaliador(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Vinicius Boneli Vieira, Me.(a)
Avaliador(a)
Universidade Federal do Piauí

Este trabalho é dedicado a todos os geógrafos que buscam compreender melhor o território.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais Marilene e João Tadeu por todo o empenho e dedicação em proporcionar a melhor educação que puderam oferecer e sempre incentivar em todas as minhas escolhas e caminhos percorridos. Sem vocês nada disso seria possível, meu amor por vocês é incondicional. Também agradeço à toda minha família, em especial aos meus irmãos Ariela e Leonardo, por todas as conversas, momentos de descontração e conselhos que sempre me fazem evoluir.

Agradeço ao meu orientador Orlando Ednei Ferretti e minha coorientadora Giully de Oliveira Batalha Silva por todos os ensinamentos, paciência, compreensão e dedicação na realização deste trabalho. O aprendizado de vocês sempre estará comigo, ainda mais por se tratar de uma região de estudo tão especial para mim.

Agradeço à minha companheira Ana Cristina que esteve comigo em todos os momentos bons e ruins com muito amor e compreensão, além de contribuir muito para este trabalho. Tenho a sorte de poder contar com uma pessoa tão incrível ao meu lado.

Aos amigos da turma 2015.2 e demais colegas que de alguma forma passaram por minha trajetória, desde as salas de aula, bares, trabalhos de campo, eventos acadêmicos e conversas pelo campus. Especialmente à minha amiga Edilaine, que me ajudou e acompanhou em todos os momentos desde o início da graduação.

À todos os amigos que fiz em Joinville, que apesar da distância, os laços de amizade continuam fortes.

Aos meus companheiros de apartamento, João Pedro e Eric, por todos os bons momentos e que sempre estiveram por perto para me ajudar.

À Universidade Federal de Santa Catarina por me proporcionar experiências memoráveis e muitos aprendizados que me deram base para minha formação profissional e pessoal. Também agradeço a todos os professores da graduação, onde tive a oportunidade de aprender muito sobre essa admirável ciência chamada geografia.

Aos professores Danilo Piccoli Neto e Vinicius Boneli Vieira por aceitarem em colaborar e avaliar este trabalho.

Agradeço pela oportunidade de estágio concedida pela Gerência de Cobertura e Uso da Terra do IBGE, esta etapa foi muito proveitosa e importante para mim por ter sido minha primeira experiência profissional, tive a chance de trabalhar em grandes projetos com ótimos profissionais.

Também agradeço à empresa Agrosatélite pela oportunidade de estágio e crescimento profissional, além dos ensinamentos e confiança depositada, pude fazer diversas amizades enquanto colaborava com projetos de relevância nacional junto à uma equipe de extrema qualidade técnica.

A todos que puderam contribuir na minha trajetória, meu muito obrigado!

A nossa geração tem que escolher o que ela valoriza mais: lucros de curto prazo ou habitabilidade de longo prazo no nosso lar planetário?

(SAGAN, 1980)

RESUMO

Com o avanço da ocupação antrópica no território, o estabelecimento de Área Protegida (AP) tem sido uma ferramenta fundamental para a preservação da natureza e seus recursos naturais. Nesse sentido, este trabalho procura analisar espacialmente a Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca, localizada no município de Joinville. Para isso, foram utilizadas imagens de sensoriamento remoto de 2019 a fim de mapear as 9 classes definidas para o uso e cobertura do solo, sendo elas: vegetação florestal, silvicultura, pastagem, cultura perene, cultura temporária, áreas construídas, vegetação campestre, corpo hídrico e mineração. O mapeamento realizado também assume um papel de monitoramento da área, visto que se trata de uma Unidade de Conservação (UC) de categoria de gestão de uso sustentável e permite ocupação humana no seu interior, logo, através dos resultados foi possível avaliar as classes em que houveram expansão e retração por meio da comparação dos últimos dados produzidos em 2010 que foram publicados no plano de manejo, em 2012. Além de utilizar o sensoriamento remoto, a realização do trabalho se deu por meio de revisões bibliográficas relacionadas à área de estudo, uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para gerar os dados e produzir os mapas, cálculo da acurácia global por meio da matriz de confusão e trabalhos de campo. Os resultados obtidos mostram que a APA Serra Dona Francisca se mantém estável com regeneração florestal, em que esta classe correspondeu a um aumento de 885,55 hectares que representa 2,19% em relação à área total. Através das análises visuais também foi possível concluir que a maior parte das alterações de classes de uso e cobertura do solo ocorrem em áreas previstas para devidos fins de acordo com o zoneamento estabelecido. Além disso, verificou-se que a APA Serra Dona Francisca cumpre seu papel de preservação dos remanescentes de Mata Atlântica presentes na área, e a proteção dos mananciais hídricos responsáveis pelo abastecimento de água do município de Joinville.

Palavras-chave: Área Protegida. Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca. Uso e cobertura do solo.

ABSTRACT

With the increase of anthropic occupation in the territory, the establishment of Protected Areas (PA) has been a fundamental tool for preserving nature and its natural resources. Considering that, this work spatially analyzes the Area of environmental protection (AEP) Serra Dona Francisca, located in the city of Joinville. In order to do the analysis, remote sensing images were used to map the 9 defined classes for Land use and cover, which are: forest vegetation, silviculture, pasture, perennial crops, temporary crops, built áreas, grassland, water body and mining. The mapping processed also has the function of monitoring the area, due to the fact of being a Conservation Unit (CU) in the sustainable use management category and allows human occupation in its interior, therefore, through the results, it was possible to evaluate the classes where there was an expansion and retraction through the comparison with the latest data available published in the management plan from 2012. Besides using remote sensing, to achieve this work's goal, a literature review related to the area of interest was necessary, the usage of Geographic Information Systems (GIS) to generate data and produce the maps, and also the calculation of global accuracy through the confusion matrix and fieldwork. The obtained results show that the (AEP) Serra Dona Francisca maintained stability with the forest regeneration, the class which represented an expansion of 885,55 acres that represents 2,19% of the total area. It was also possible to determine by the image analysis that most of the changes between classes of land use and cover occur in the predicted areas for such establishments in the zoning plan. Furthermore, it was verified that the AEP Serra Dona Francisca accomplishes its role of preserving the Atlantic Forest remnants present in the area and protecting the water sources responsible for the water supply in the town of Joinville.

Keywords: Protected Area, Area of environmental protection Serra Dona Francisca. Land use and cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista do Mirante da Serra Dona Francisca.....	19
Figura 2 – Relação entre novas UC e seu período de criação	24
Figura 3 - Relação entre novas APA e seu período de criação.....	24
Figura 4 - Ilustração de funcionamento dos sensores passivos e ativos.....	29
Figura 5 - Posto de Controle Ambiental APA Serra Dona Francisca.....	31
Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo.....	32
Figura 7 – Nuvens (à leste) barradas pela Serra do Mar	33
Figura 8 - Classificação Köppen APA Serra Dona Francisca.....	34
Figura 9 - Bacias hidrográficas inseridas na APA Serra Dona Francisca.....	38
Figura 10 - Entrada ETA Cubatão (A), Placa de entrada ETA Cubatão (B)	39
Figura 11 - Rio Cubatão Norte	40
Figura 12 - Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Florestal, em campo (A); Imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	44
Figura 13 - Padrão de uso e cobertura para a classe Silvicultura, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Silvicultura, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	45
Figura 14 - Padrão de uso e cobertura para a classe Pastagem, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Pastagem, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	45
Figura 15 - Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Perene, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Permanente, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	46
Figura 16 - Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Temporária, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Temporária, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	46
Figura 17 - Padrão de uso e cobertura para a classe Áreas Construídas, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Áreas Construídas, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	47
Figura 18 - Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Campestre, imagem de alta resolução (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Campestre, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B).....	47

Figura 19 - Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	48
Figura 20 - Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, em campo.....	48
Figura 21 - Padrão de uso e cobertura para a classe Mineração, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Mineração, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)	49
Figura 22 - Mapa dos pontos de coleta de dados em campo.....	52
Figura 23 - Mapa dos pontos de validação	54
Figura 24 - Mapa de uso e cobertura do solo, APA Serra Dona Francisca - 2019.....	56
Figura 25 - Mapa de uso e cobertura o solo, APA Serra Dona Francisca - 2010 (Plano de Manejo)	58
Figura 26 - Mapa de calor de mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Grupos de Unidades de Conservação e suas respectivas categorias, domínios e objetivos.....	26
Quadro 2 – Descrição das classes de uso e cobertura do solo	43
Quadro 3 – Matriz de confusão do mapeamento de uso e cobertura do solo de 2019	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das bandas Sentinel 2A e 2B	30
Tabela 2 - Dados geoespaciais das classes de uso e cobertura do solo de 2019. ...	57
Tabela 3 - Dados geoespaciais das classes de uso e cobertura do solo de 2010 e 2019.	59
Tabela 4 - Dados geoespaciais referentes a diferença de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Área Protegida

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Preservação Permanente

CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica

CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

ETA - Estação de Tratamento de Água

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente

SEPUD - Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SIMGeo - Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC - Unidade de Conservação

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	Objetivo Geral	20
1.1.2	Objetivos Específicos	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	ÁREAS PROTEGIDAS.....	20
2.1.1	Sistema Nacional de Unidades De Conservação (SNUC)	25
2.1.2	Área De Proteção Ambiental	27
2.2	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO.....	28
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.1	LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GEOGRÁFICOS	31
3.2	CLIMA	32
3.3	GEOLOGIA	35
3.4	GEOMORFOLOGIA	36
3.5	HIDROGRAFIA.....	38
4	METODOLOGIA	41
4.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E COLETA DE DADOS.....	41
4.2	PRÉ-PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO	41
4.3	CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO 2019.....	43
4.4	COMPARAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO 2019 COM O MAPA DO PLANO DE MANEJO (2010).....	49
4.5	RELAÇÃO ENTRE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA do solo COM O ZONEAMENTO VIGENTE DA APA	50
4.6	TRABALHO DE CAMPO	52
4.7	VALIDAÇÃO DE DADOS	53

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	USO E COBERTURA DO SOLO 2019.....	55
5.2	ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO ENTRE 2010 A 2019	58
5.3	ESPACIALIZAÇÃO DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO COM O ZONEAMENTO DO PLANO DE MANEJO.....	60
5.4	VALIDAÇÃO DOS DADOS DE MAPEAMENTO	61
6	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS.....	66
	APÊNDICE A - Marcos históricos relevantes para a legislação ambiental brasileira de 1921 - 2015	71

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a ocupação e atividade humana tem se tornado cada vez mais intensa. Com o crescimento das populações, grande parte dessas pessoas procuram viver nos centros urbanos para novas oportunidades de vida e de sustento, causando a expansão tanto vertical quanto horizontal das cidades em geral. Para o ordenamento do avanço das manchas urbanas, surgem diversos tipos de ferramentas a fim de obter um crescimento ordenado e sustentável para estas cidades. O plano diretor pode ser considerado como uma destas ferramentas, pois estabelece normas para a organização do crescimento da cidade, assim como a implantação de Área Protegida (AP) que tem como objetivo a preservação¹ da natureza e seus ecossistemas do avanço antrópico sob as áreas preservadas.

Diversos autores trazem o conceito de AP, geralmente envolvem os cuidados com a natureza contra as pressões ocorridas pela intensificação da ocupação humana no território. Bensusan (2006) expõe em seu trabalho que a instauração de AP se tornou a principal ferramenta para a conservação da biodiversidade na atual sociedade que vivemos, e comenta que caso a sociedade fosse mais saudável, haveria a possibilidade de gestão dos recursos naturais de forma mais ampla e democrática, sem a necessidade de definição de territórios para proteção da natureza.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) é estabelecida durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, e neste documento são ressaltados alguns termos referentes à contextualização deste trabalho, traz Áreas Protegidas como “uma área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos da conservação” (BRASIL, 2000, p. 9).

O autor Rodrigo Medeiros (2006) explica o conceito de AP como “espaços territorialmente demarcados cuja principal função é a conservação e/ou a preservação de recursos, naturais e/ou culturais, a elas associados” (MEDEIROS, 2003 apud MEDEIROS, 2006, p. 41). Além disso, o autor coloca esses espaços como estratégia

¹ No século XVII foram fundamentadas duas concepções teóricas e filosóficas sobre proteção de espaços, são as correntes Preservacionistas e Conservacionistas, uma vê a natureza e os recursos naturais como algo que não deve ser utilizado pela sociedade e a outra defende que natureza deve ser utilizada forma sustentável, respectivamente. (BRITO, *et al.* 2015). Sendo assim, quando neste trabalho citar preservação e conservação está fazendo alusão as correntes filosóficas construídas ao longo do tempo.

para de controle e gestão do território, já que através de ferramentas legais, por exemplo Plano de Manejo, é possível estabelecer áreas prioritárias de preservação e áreas passíveis de maior ou menor intensidade de ocupação antrópica (MEDEIROS, 2006).

Dentro do conceito de AP, um marco importante na legislação ambiental brasileira foi a promulgação, no ano 2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que estabelece dois grupos de UC: Uso Sustentável e Proteção Integral. O grupo de Uso Sustentável permite certo nível de ocupação humana enquanto o grupo de Proteção Integral não permite nenhum tipo de atividade humana ou utilização dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

A área de estudo deste trabalho é categorizada como uma Área de Proteção Ambiental (APA), categoria que pertence ao grupo de UC de uso sustentável. Localizada no município de Joinville, no estado de Santa Catarina, a APA Serra Dona Francisca corresponde a 35% da área do município e tem como um de seus objetivos principais a proteção dos mananciais de água responsáveis pelo abastecimento do município (JOINVILLE, 2012).

Além da importância hídrica, a região também tem influência no contexto econômico da cidade, pois movimenta o turismo rural e sustentável que serve como fonte de renda de diversas famílias da localidade. Conforme observado por Silva e Sossai (2011) em seu estudo “Caminhos contemporâneos da Serra Dona Francisca”, aos finais de semana e feriados, é possível encontrar moradores locais que montam suas barracas para venda de produtos artesanais, bebidas e comidas em pontos de visitação e contemplação da natureza, como por exemplo o mirante da Serra Dona Francisca (Figura 1). Além disso, na região da APA é possível verificar presença de equipamentos e serviços turísticos como hotéis fazenda, pousadas, restaurantes, apiários, trilhas ecológicas, entre outros (SILVA; SOSSAI, 2011).

Figura 1 – Vista do Mirante da Serra Dona Francisca



Fonte: acervo do autor (2019)

Existem outros estudos que envolvem a APA Serra Dona Francisca que tratam de diferentes temas e perspectivas de olhares. Gartner (2003) analisa a função social da UC de uso sustentável para região. Oliveira e Veado (2014) realizam um artigo abordando a análise de paisagem geográfica das áreas rurais focado na região da APA, com a finalidade de caracterizar a paisagem e seus elementos formadores e entender seu potencial para o turismo rural. Dalonso (2016); Dalonso e Carelli (2021) abordam um debate sobre a proteção da paisagem cultural na APA Serra Dona Francisca.

Devido sua relevância no contexto regional, este trabalho procura contribuir com a análise espacial da APA Serra Dona Francisca por meio do mapeamento do uso e cobertura do solo como forma de monitoramento da área. Estudos que têm como objetivo mapeamento e/ou monitoramento de AP são fundamentais para gestão territorial, uma vez que fiscalizam o cumprimento das normas estabelecidas e garantem o uso sustentável e/ou proteção da área e da utilização de seus recursos naturais. O sensoriamento remoto entra como uma ferramenta indispensável, permitindo mapear a situação da área em diferentes datas.

O Plano de Manejo da APA, publicado em 2012, foi fundamental para o desenvolvimento das análises, pois por meio dele foi possível realizar as comparações dos resultados alcançados com os dados de uso e cobertura do solo da área produzidos em 2010, além de possibilitar a visualização da evolução do espaço produzido no intervalo de 2010 a 2019.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar espacialmente a Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca por meio do seu uso e cobertura do solo de 2019.

1.1.2 Objetivos Específicos

- A) Gerar e compreender o uso e cobertura do solo a partir de imagens de sensoriamento remoto de 2019;
- B) Comparar as mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019 com base no mapa da APA;
- C) Analisar a eficácia do método de mapeamento por meio de imagens de satélite;
- D) Observar, relacionar e discutir as modificações do uso e cobertura do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão abordados alguns conceitos acerca do tema para melhor embasamento do trabalho, buscando definições de alguns autores para fundamentação da pesquisa.

2.1 ÁREAS PROTEGIDAS

Uma das principais ferramentas para a conservação da natureza e biodiversidade é o estabelecimento de AP. Servem como estratégia para controle do território, pois limita a dinâmica de uso e ocupação (MEDEIROS, 2006). Para isso, Bensusan (2006) cita:

Originalmente, a ideia de se reservar determinados espaços tem, pelo menos, duas motivações: A preservação de lugares sagrados e a manutenção de estoques de recursos naturais. [...] Reservas reais de caça já aparecem nos registros históricos assírios de 700 aC. Os romanos já se preocupavam em manter reservas de madeira, entre outros produtos, para a construção de navios (BENSUSAN, 2006, p. 12).

No contexto mundial, o parque de Yellowstone foi o primeiro a ser criado através de instrumentos legais, estabelecido em 1872, tem o objetivo de preservar suas florestas primárias e belas paisagens para as gerações futuras. O governo dos

Estados Unidos definiu que o parque seria uma área inabitável, proibida de qualquer tipo de negociação de terras e ocupação. Tal modelo de preservação é encontrado até os dias atuais em diversos modelos de diversos países (BENSUSAN, 2006).

No Brasil, a legislação prevê alguns tipos de AP sancionados em leis distintas distribuídas no tempo. Segundo Medeiros (2006) o termo AP é equivocadamente reduzido à terminologia UC, quando se trata apenas de uma das tipologias previstas no modelo brasileiro de conservação vigente. Nesse sentido, pode-se considerar a Área de Preservação Permanente (APP) como uma área protegida. Conforme o Código Florestal, segundo a lei nº 12.651/2012, as seguintes áreas são consideradas como APP: margens de rio, áreas de entorno de reservatórios d'água artificiais decorrentes de barramento ou represamento, áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, encostas com declividade superior a 45°, áreas de restinga e manguezais, bordas dos tabuleiros ou chapadas, topos de morro e áreas em altitude superior a 1.800 metros (BRASIL, 2012).

Outro tipo de AP é a Reserva Legal, que está previsto no código florestal de 2012. De acordo com o Capítulo IV da lei, a Reserva Legal define que todo imóvel rural deve manter preservada certa porcentagem de vegetação nativa, essa porcentagem varia de acordo com a área onde o imóvel está inserido. Dentro do limite da Amazônia Legal, os imóveis que situados em áreas florestais devem manter preservado 80% da vegetação nativa no interior do imóvel. Ainda na Amazônia Legal, os imóveis localizados em área de cerrado devem ser mantidos 35% da vegetação, e os imóveis em áreas de campos gerais o valor é de 20%. No restante do país é definido que 20% do imóvel rural deve manter preservado a cobertura natural (BRASIL, 2012).

No Estatuto do Índio, de 1973, de acordo com o Capítulo III, a União poderá definir áreas protegidas destinadas à posse e ocupação pelos índios, com direito de utilização dos recursos e bens naturais ali existentes. Podem ser organizadas nas seguintes modalidades: Reserva Indígena, Parque Indígena e Colônia Agrícola Indígena. Os artigos 27, 28 e 29 estabelecem essas três modalidades

Art. 27. Reserva indígena é uma área destinada a servir de habitat a grupo indígena, com os meios suficientes à sua subsistência.

Art. 28. Parque indígena é a área contida em terra na posse de índios, cujo grau de integração permita assistência econômica, educacional e sanitária dos órgãos da União, em que se preservem as reservas de flora e fauna e as belezas naturais da região.

Art. 29. Colônia agrícola indígena é a área destinada à exploração agropecuária, administrada pelo órgão de assistência ao índio, onde convivam tribos aculturadas e membros da comunidade nacional (BRASIL, 1973).

As terras quilombolas também são um tipo de manifestação de áreas protegidas, regulamentadas através do decreto nº 4.887/2003. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) é responsável pelo processo de designação dos territórios quilombolas. A União define:

Consideram-se remanescentes das comunidades dos quilombos, para os fins deste Decreto, os grupos étnico-raciais, segundo critérios de autoatribuição, com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à opressão histórica sofrida (BRASIL, 2003).

Outra forma de AP são as UC, elas estão definidas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) criado em 2000, estabelecendo novas categorias e objetivos, porém antes deste grande marco na legislação brasileira existe um longo histórico no contexto brasileiro, que segundo Medeiros (2003, apud MEDEIROS, 2006) tem início no período do Brasil Império - entretanto sem nenhuma ação concreta por parte do governo. A partir da década de 1930, a proteção da natureza através da instituição das APs começa a ser estruturada, sendo o Código Florestal de 1934 o ponto de partida para a constituição de UC como conhecemos hoje (CASTRO JR *et al.*, 2009). No APÊNDICE A - Marcos históricos relevantes para a legislação ambiental brasileira de 1921 – 2015 foi compilado os marcos importantes para a legislação ambiental brasileira, onde alguns dos marcos são comentados nesta seção.

A criação de UC e a política de AP tomam forma a partir do estabelecimento e gerenciamento do Parque Nacional Itatiaia, em 1937. Em seguida, em 1939, são criados os Parques Nacionais do Iguaçu e da Serra dos Órgãos, todos até então seguiam a premissa de proteger a natureza integralmente, não sendo permitido nenhum uso direto dos recursos ali presentes (CASTRO JR *et al.*, 2009).

Ao longo das décadas diversos avanços quanto à estabelecimento de AP são alcançados, segundo Castro Jr *et al.* (2009) a alteração do Código Florestal em 1965 trouxe a definição da APP, ampliando a proteção definida em lei para as antigas florestas protetoras. Além das APP's, foram instituídas as reservas legais, citadas anteriormente.

Em 1967, foi criado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) no âmbito federal, de acordo com Medeiros (2006), o IBDF tinha o objetivo de

implantar, gerir e fiscalizar as áreas protegidas, que na época, estavam em expansão pelo território nacional.

Sob influência de um novo contexto mundial nos anos 70, que após encontros internacionais como Conferência da Biosfera (1968) e Conferência de Estocolmo (1972), em 1973 é instituída a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). A Secretaria era vinculada ao Ministério do Interior, criada para colaborar com a conservação do meio ambiente e passou a dividir com o IBDF a gestão das áreas protegidas brasileiras (MEDEIROS, 2006).

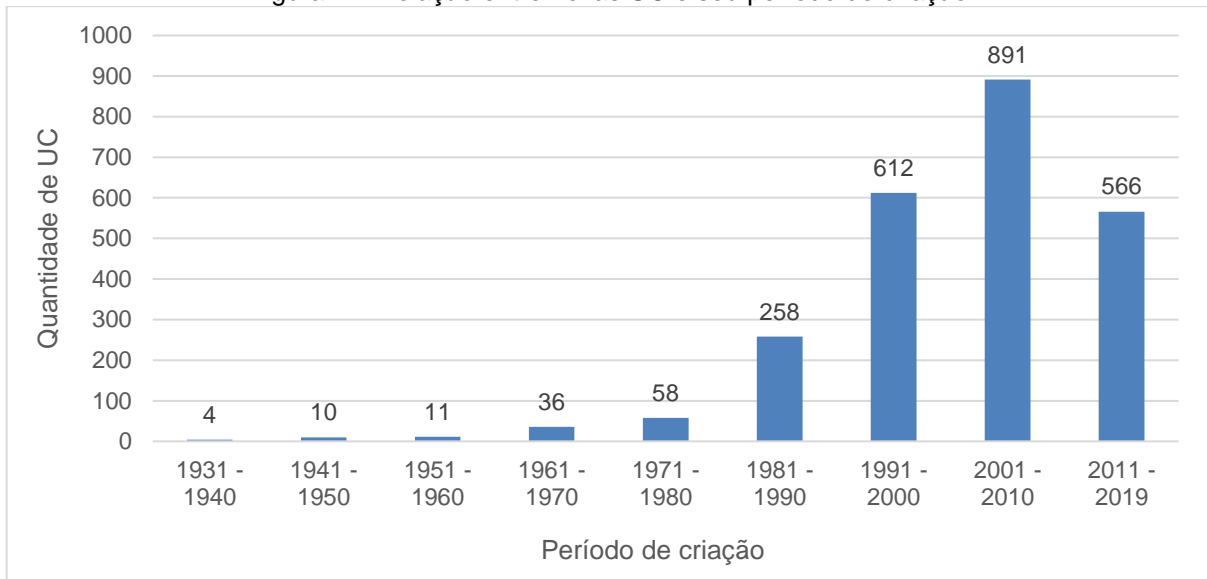
Além de colaborar na gestão de áreas protegidas, a SEMA elaborou a proposta da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que foi colocada em prática em 1981, através da lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (DALONSO, 2016). Nesta lei são estruturados o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Conforme o art 6º o SISNAMA seria composto pelos “órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental” (BRASIL, 1981).

Apesar disso, de acordo com Castro Jr *et al.* (2009), apenas a partir de 1985 a política ambiental ganha força no país, baseado no aparato jurídico inicial existente da época. Com isso, a expansão de criação de UC também cresceu, “em 1985, pouco menos da metade das unidades de conservação hoje existentes já estava decretada” (MEDEIROS, 2003 apud CASTRO JR *et al.*, 2009, p.41).

Até 1985, segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), existiam 207 UC. De 1986 até 1990 foram instituídas 170 novas UC, de 1991 até 2000 houveram 612 novas UC. A partir da promulgação do SNUC o aumento foi ainda maior, totalizando 891 novas UC na primeira década. Finalizando com 566 novas UC de 2011 a 2019, totalizando 2446 UC.

A partir desse levantamento, a Figura 2 traz uma representação gráfica dessa evolução cronológica onde é possível observar que desde 1931 até 2010 o surgimento de novas UC tem sido crescente, havendo uma queda quanto a criação de UC na última década

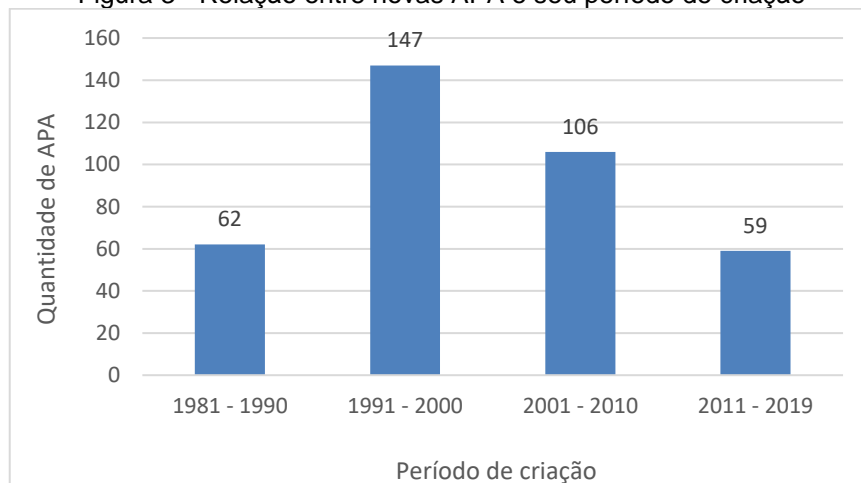
Figura 2 – Relação entre novas UC e seu período de criação



Fonte: CNUC (2020). Elaborado pelo autor.

Referente a categoria de gestão APA, objeto de estudo deste trabalho, o período de discussão é mais recente. A partir de 1981, quando a categoria APA é estabelecida através da lei nº 6.902, são criadas em média 84 novas APA por década, conforme dados do CNUC. Na primeira década de vigência da lei, de 1981 a 1990, são instituídas 62 novas APA. De 1991 a 2000 são originadas 147 APA. Entre 2001 a 2010, 106 novas APA foram constituídas. Finalizando com 59 novas APA do período de 2011 até 2019, totalizando 374 APA. No caso dessa categoria de gestão, a diminuição de novas APA vem desde a década de 2000, chegando até nos menores números entre os anos de 2011 a 2019. Essas informações são demonstradas na Figura 3, a seguir.

Figura 3 - Relação entre novas APA e seu período de criação



Fonte: CNUC (2020). Elaborado pelo autor.

Posteriormente, o SNUC, principal instrumento jurídico no contexto de UC é promulgado através da lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que desde o ano de seu envio ao Congresso Nacional, em 1992, gerou diversos debates entre proprietários de terra, setores produtivos e ambientalistas. Conforme Castro Jr *et al.* (2009, p.45), “esse sistema organizou a gestão de unidades de conservação no Brasil, regulamentando suas diversas categorias e seus objetivos de conservação”. Por conta de sua devida importância na discussão, o tópico a seguir abordará o SNUC com foco na categoria de gestão APA.

2.1.1 Sistema Nacional de Unidades De Conservação (SNUC)

No ano 2000, o SNUC é criado para ajudar com a criação, implementação e gestão de AP. Por meio dessa lei, os órgãos públicos de gestão de meio ambiente no âmbito federal, estaduais e municipal tiveram acesso a dispositivos que regulamentam as complexas relações entre o Estado, os cidadãos e o meio ambiente (MMA, 2006).

De acordo com o Artigo 4º, o SNUC possui 13 objetivos, que de forma geral se baseiam em proteger e garantir a manutenção da vida biótica, contribuir para a preservação da natureza, promover o desenvolvimento sustentável, proteger as paisagens naturais, proteger e recuperar os recursos hídricos, incentivar a pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando sua cultura, entre outros (BRASIL, 2000).

Para o SNUC, UC são definidas como

Espaços territoriais com características naturais relevantes, recursos naturais, águas jurisdicionais instituídas pelo Poder Público com limites definidos e com objetivo de conservação, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

De acordo com o Quadro 1, existem dois grupos que distinguem as UC: Proteção Integral e Uso Sustentável. Os dois grupos possuem objetivos distintos, em que os de Proteção Integral são mais restritivos quanto ao uso dos recursos naturais, e os de Uso Sustentável procuram trazer o equilíbrio dos recursos naturais com a conservação da natureza. Ainda neste quadro, estão descritas as categorias de gestão de cada um dos grupos, o domínio de suas áreas internas e seus objetivos.

Quadro 1 - Grupos de Unidades de Conservação e suas respectivas categorias, domínios e objetivos

Grupo	Categoria	Domínio	Objetivo
Proteção Integral	Estação Ecológica	Domínio público	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas
	Reserva Biológica		Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais
	Parque Nacional		Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica
	Monumento Natural	Pode ser constituído por áreas particulares	Preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica
	Refúgio da Vida Silvestre		Proteger ambientes naturais para existência ou reprodução de espécies de fauna e flora
Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental	Constituída por terras públicas ou privadas	Proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais
	Área de Relevante Interesse Ecológico		Manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas
	Floresta Nacional	Domínio público	Uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica
	Reserva Extrativista		Proteger os meios de vida e a cultura das populações existentes, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade
	Reserva de Fauna		Estudo técnicos científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável		Preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais
	Reserva Particular do Patrimônio Natural	Área privada	Conservar a diversidade biológica

Fonte: BRASIL (2000), elaborado pelo autor (2020).

O SNUC define que o plano de manejo é o documento que estabelece as normas de gestão das UC, e consiste em um

[...] documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 2000)

Por meio deste documento, são determinados os regulamentos para diversos usos das UC. Nos casos do grupo de uso sustentável, podemos citar exemplos como a visitação pública, permanência de populações tradicionais, uso dos recursos naturais, entre outras regulações (BRASIL, 2000).

Todas as UC devem possuir o plano de manejo que necessita abranger toda a sua área delimitada, incluindo as zonas de amortecimento e corredores ecológicos. Nas categorias de uso sustentável, o documento também deve contar com a ampla participação da sociedade civil para sua elaboração. O artigo 27, parágrafo 3, estipula que o plano de manejo deve ser construído em até cinco anos a partir da data de criação da UC (BRASIL, 2000). Entretanto, não são todas as gestões que cumprem com este prazo, como no caso da APA Serra Dona Francisca, onde seu documento começou a ser produzido em 2009 e publicado em 2012, e a criação da APA ocorreu em 1997.

2.1.2 Área De Proteção Ambiental

Apesar de ser instituída pelo SNUC em 2000, a categoria APA já estava anteriormente prevista na constituição, proposta pela extinta Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) do Ministério do Interior, através da lei nº 6.902 de 27 de abril de 1981. Esta lei foi um dos instrumentos incorporados pelo SNUC, em 2000. Esse modelo de proteção da natureza foi inspirado nos Parques Naturais de Portugal, que tinham como objetivo conservar áreas que já estavam previamente ocupadas, sem a necessidade de a União adquirir essas terras (MEDEIROS, 2006; PUREZA; PELLIN; PADUA, 2015).

Segundo a lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, conforme descrito no Artigo 15, a APA é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, que possui atributos abióticos, bióticos, estéticos e/ou culturais. Segue o objetivo básico de proteger a diversidade biológica, equilibrar o processo de ocupação e garantir o uso sustentável dos recursos naturais. Pode ser constituída de terras públicas e/ou privadas sendo respeitados os limites constitucionais, normas e restrições de acordo com seu plano de manejo (BRASIL, 2000).

Os proprietários de terras privadas devem se adequar e respeitar as regras e zoneamentos no plano de manejo vigente. Já as terras públicas, ficam sob responsabilidade do órgão gestor da unidade definir seu uso. Para as APAs, fica

garantido o direito da participação ampla da sociedade na elaboração e implementação do plano de manejo, podendo participar a sociedade civil e residentes da área (PUREZA; PELLIN; PADUA, 2015).

A primeira APA Federal foi criada em 1982 em Petrópolis, no Rio de Janeiro, 1 ano após a instituição da categoria na legislação. A criação da APA de Petrópolis teve como objetivo preservar um dos principais remanescentes de Mata Atlântica, uso sustentável dos recursos naturais, conservação do conjunto paisagístico-cultural e promover a melhoria da qualidade de vida humana da região. Localiza-se na porção central do estado do Rio de Janeiro, e abrange as cidades de Petrópolis, Duque de Caxias, Guapimirim e Magé, se estendendo por 59.225 ha. (GUERRA; COELHO, 2009; PUREZA; PELLIN; PADUA, 2015).

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO

Para o monitoramento dos recursos naturais, mudanças do uso do solo, detecção de desmatamentos, mapeamento de cultivos agrícolas, o sensoriamento remoto, aliado a outras ciências, se torna uma ferramenta indispensável.

Uma definição popular do termo sensoriamento remoto, para Meneses e Almeida (2012, p.3), é de que o “Sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”.

Colwell (apud JENSEN, 2009, p.3) define o sensoriamento remoto como

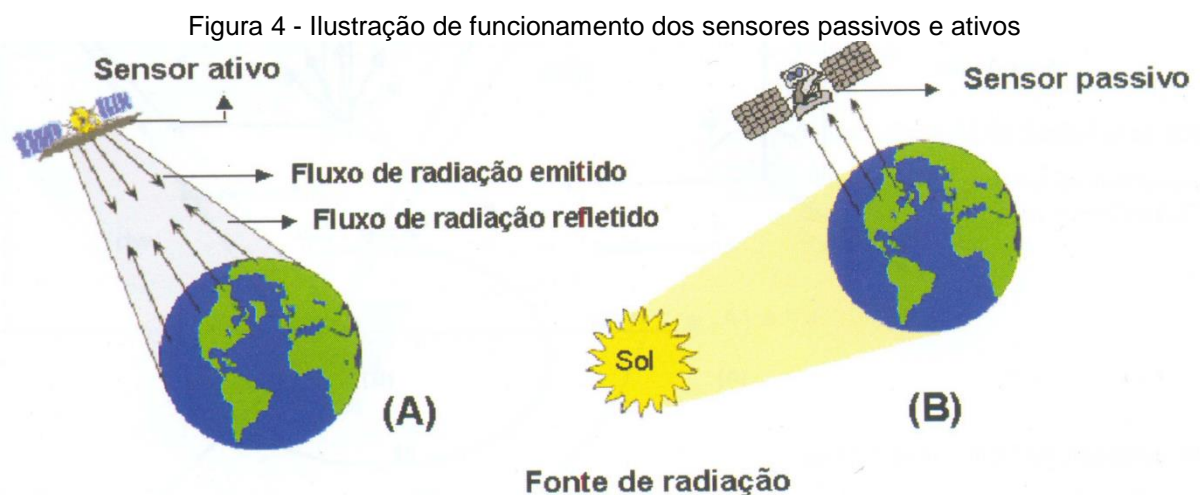
A medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo.

Aplicado aos recursos naturais, Moreira (2001, p.13) descreve

O sensoriamento remoto, para recursos naturais, tem sido definido de várias maneiras. Porém, todas elas expressam um objetivo comum, ou seja, o conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis do planeta Terra, através da utilização de dispositivos e sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo, na superfície.

Atualmente, os satélites são instrumentos consolidados para o monitoramento da Terra. Com o avanço do tempo e da tecnologia, diversos países puderam desenvolver seus satélites e sensores para a produção de dados geoespaciais, entre

eles o Brasil com o projeto CBERS. A bordo dos satélites de monitoramento terrestre, estão os sensores de sensoriamento remoto, que podem ser classificados quanto ao seu funcionamento: Passivo ou ativo. Os sensores ativos são baseados na emissão de um fluxo de radiação própria, que quando refletido nos objetos o satélite capta essas informações, exemplo: RADAR, SONAR. Já os passivos dependem da radiação eletromagnética de uma fonte externa, por exemplo o Sol, pois eles apenas registram a radiação refletida pelos alvos, exemplo: OLI do Landsat 8, MSI do Sentinel 2 (JENSEN 2009; MOREIRA, 2001). A Figura 4 a seguir ilustra como funciona a interação dos sensores ativos e passivos.



Neste trabalho foram utilizadas imagens multiespectrais provenientes do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) a bordo do satélite europeu Sentinel 2B. A missão Sentinel 2 é composta por 2 satélites, Sentinel 2A e Sentinel 2B. O lançamento do primeiro satélite, 2A, foi realizado em Junho de 2015, e em Março de 2017 o 2B. Em órbita sol-síncrona e altitude de 800 km, o tempo de revisita pela missão Sentinel 2 é de 5 dias (ESA, 2017). Os dois satélites carregam o sensor MSI, um sensor passivo onde registra a radiação eletromagnética refletida pela Terra. Possui 13 bandas espectrais que vão do espectro visível, passam pelo infravermelho próximo (NIR) e chegam até a região do infravermelho de ondas curtas (SWIR). Suas características estão detalhadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Características das bandas Sentinel 2A e 2B

Banda	Sentinel 2A		Sentinel 2B		Resolução espacial (m)
	Centro da banda (nm)	Largura da banda (nm)	Centro da banda (nm)	Largura da banda (nm)	
1	442,7	21	442,3	21	60
2	492,4	66	492,1	66	10
3	559,8	36	559	36	10
4	664,6	31	665	31	10
5	704,1	15	703,8	16	20
6	740,5	15	739,1	15	20
7	782,8	20	779,7	20	20
8	832,8	106	833	106	10
8A	864,7	21	864	22	20
9	945,1	20	943,2	21	60
10	1373,5	31	1376,9	30	60
11	1613,7	91	1610,4	94	20
12	2202,4	175	2185,7	185	20

Fonte: ESA (2020)

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para melhor compreensão da área de estudo, neste tópico serão descritas as principais características físicas da APA e do município onde está localizada, abordando de aspectos abióticos como clima, geologia, geomorfologia e hidrografia. Todos estes fatores estão diretamente interligados e exercem influência um sobre o outro.

Joinville recebe a característica de um município onde as chuvas são frequentes e os índices pluviométricos são altos, isso se dá por conta da proximidade com a Serra do Mar que possui uma geomorfologia acidentada e concentra na região a umidade vindo do Oceano Atlântico (KOEHNTOPP, 2010).

Na APA, os terrenos escarpados são originados por conta de todos os processos intempéricos ocorridos ao longo do tempo, sendo um desses processos a erosão ocasionada pela presença de rios que compõem a ampla hidrografia da região. Rios estes que abastecem toda a região, dando vida à fauna e flora, além de ser um dos fatores chaves para o desenvolvimento antrópico da área (JOINVILLE, 2012).

Estas intempéries, a partir da geologia, também dão gênese à formação de todo o substrato da localidade, influenciando na forma de como se darão as ocupações humanas no território e quais serão as áreas recomendadas para tal ocupação (GONÇALVES, 1993).

3.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GEOGRÁFICOS

A APA Serra Dona Francisca está situada na região nordeste do estado de Santa Catarina, no município de Joinville (Figura 5) criada através do Decreto nº 8.055, de 15 de março de 1997. Conforme o artigo 1º do decreto, tem objetivo de

I - proteger os recursos hídricos; II - garantir conservação de remanescentes da Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa); III - proteger a fauna silvestre; IV - melhorar a qualidade de vida das populações residentes através da orientação e disciplina das atividades econômicas locais; V - fomentar o turismo ecológico e a educação ambiental; VI - preservar as culturas e as tradições locais. (JOINVILLE, 1997).

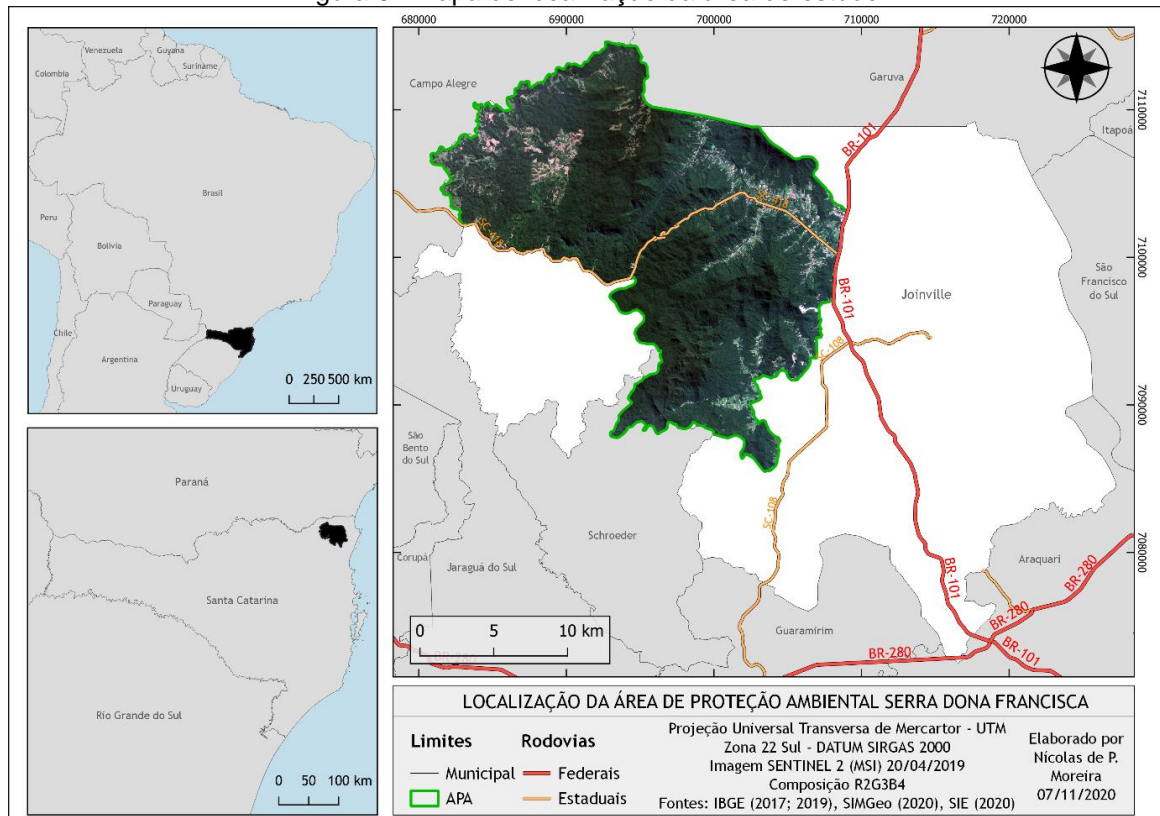
Figura 5 - Posto de Controle Ambiental APA Serra Dona Francisca



Fonte: Acervo do autor. Maio de 2019

Delimitada com área de 40.177,71 hectares (401,77 km²) corresponde a 35% da área do município de Joinville (Figura 6), engloba as nascentes do Rio Cubatão e do Rio Piraí (JOINVILLE, 2012, p. 268), responsáveis pelo principal abastecimento de água da cidade sendo a ETA Piraí responsável por 30% e a ETA Cubatão responsável por 70% (JOINVILLE, 2012, p. 335).

Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A APA Serra Dona Francisca, é categorizada pelo SNUC como uma UC de Uso Sustentável, que permite a “exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (BRASIL, 2000). Por ser categorizada como uso sustentável, é possível encontrar no seu interior diversos tipos de uso como, pastoreio, agricultura, indústrias e ocupação urbana que serão apresentadas posteriormente.

3.2 CLIMA

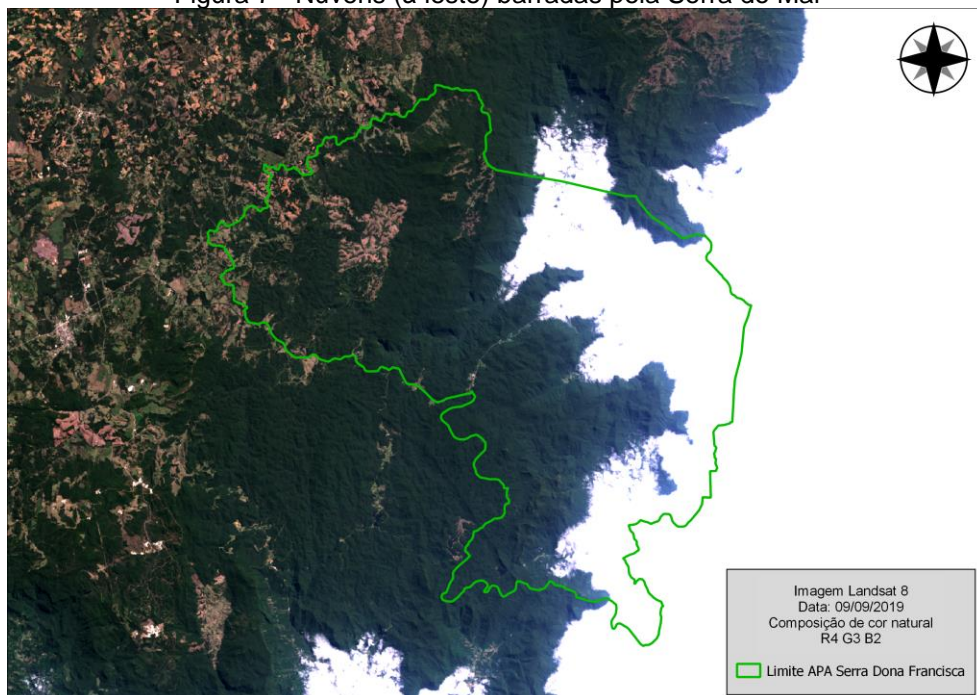
Devido à sua posição geográfica, Joinville sofre diversos tipos de circulações atmosféricas. Segundo Monteiro (2001), o estado de Santa Catarina é um dos estados que apresenta melhor distribuição pluviométrica durante o ano e suas chuvas são principalmente causadas pelas frentes frias, vórtices ciclônicos, cavados de níveis médios, convecção tropical, Zonas de Convergência do Atlântico Sul e a circulação marítima.

O relevo de Santa Catarina é responsável pela distribuição diferenciada da precipitação em distintas áreas do estado. As chuvas são mais abundantes em áreas

próximas às encostas de montanhas, pois a elevação do ar úmido e quente favorece a formação de nuvens cumuliformes o que resulta em índices maiores de precipitação. Nesse sentido, a localização de Joinville contribui para essa dinâmica, pois está localizada nas proximidades da Serra do Mar. As bruscas elevações da serra atuam como barreiras naturais que concentram na região a umidade trazida do oceano pelos ventos (KOEHNTOPP, 2010; MONTEIRO, 2001). Fatores como estes, trazem um maior desafio para a obtenção de imagens orbitais livres de nuvens, o que acabam dificultando trabalhos de mapeamento e limitando os períodos de análises.

Na Figura 7 a seguir é exemplificado a influência das barreiras naturais na APA consequentes da geomorfologia acidentada da Serra do Mar, nela é possível verificar que as nuvens (em branco) até certa altitude são barradas pelo relevo, assim, concentrando toda a umidade e causando a baixa irradiação solar nas regiões mais próximas do nível do mar.

Figura 7 - Nuvens (à leste) barradas pela Serra do Mar



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

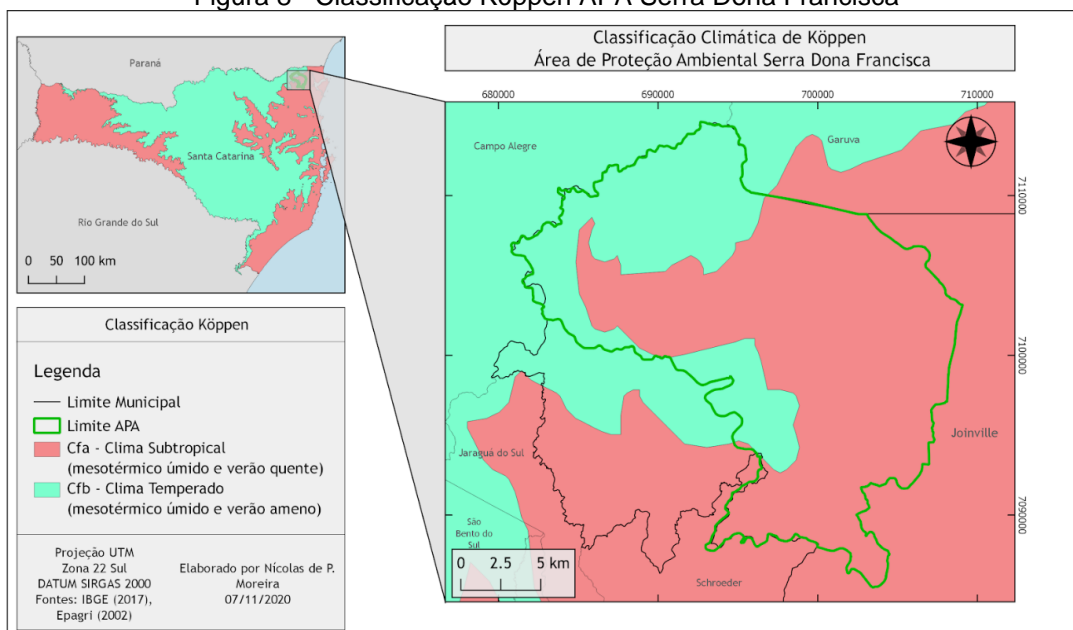
Além dos altos índices de volumes pluviométricos, Joinville registra elevados níveis de umidade relativa do ar, também influenciados pelo relevo e localização geográfica. A proximidade do oceano faz com que através da circulação marítima, a umidade trazida pelo mar, principalmente pelo quadrante nordeste, encontre maiores altitudes de relevo e fique concentrada sobre a região. Somado a esses fatores, a

presença de áreas com a vegetação de Floresta Ombrófila Densa potencializa as taxas de umidade relativa do ar por conta do expressivo valor de evapotranspiração (KOEHNTOPP, 2010).

Santa Catarina, segundo a classificação climática de Thornthwaite de 1948, possui clima mesotérmico, com precipitação distribuída durante todo ano. Ocorrem, no estado, os tipos climáticos úmidos e super úmidos (SEPLAN, 1991). De acordo com Koehntopp (2010), em Joinville ocorrem, ambos, o tipo superúmido na planície costeira (AB'4 ra'), úmido nas regiões mais altas (B4 B'3 ra'). No contexto da APA Serra Dona Francisca, no trecho de planície e baixo vale do rio Cubatão ocorre o clima super úmido (AB'4 ra'). No trecho de planalto e Serra do Mar ocorre o clima úmido mesotérmico (B4 B'3 ra') (JOINVILLE, 2012).

O modelo de classificação proposto por Köppen, desenvolvido entre 1900 e 1936, cita que em Santa Catarina ocorrem dois tipos climáticos principais: Clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão quente (Cfa) e o clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão moderadamente quente (Cfb). Aplicados à APA Serra Dona Francisca, ocorrem os dois tipos: Cfa no trecho de planície e Cfb no trecho de planalto e serra (Figura 8). Por conta do relevo local e suas bruscas elevações, acaba influenciando na distribuição pluviométrica (JOINVILLE, 2012).

Figura 8 - Classificação Köppen APA Serra Dona Francisca



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3 GEOLOGIA

Em Santa Catarina, sua complexa evolução geológica tem início com os registros mais antigos que datam as primeiras formações com idades que variam entre 2,7 e 2,0 bilhões de anos antes do presente, correspondendo com as rochas cristalinas que atualmente compõem seu embasamento geológico (MARIMON; WILDNER; AYALA, 2016).

O professor e pesquisador Luiz Fernando Scheibe (1986) explica que mais a leste, no litoral, afloram os sedimentos recentes, passando por uma faixa de rochas magmáticas e metamórficas mais antigas, logo após, as rochas sedimentares gondwânicas, terminando com os derrames de lava da Serra Geral mais a oeste (SCHEIBE, 1986).

A porção nordeste do estado de Santa Catarina, onde Joinville se localiza, “apresenta embasamento geológico correspondente aos terrenos pré-cambrianos da Serra do Mar (Escudo Catarinense) e aos sedimentos recentes” (GONÇALVES, 1993, p. 12).

Segundo Gonçalves (1993), estes sedimentos recentes que estão presentes no perímetro urbano de Joinville têm origem marinha, continental e mista. Os sedimentos de origem marinha podem ser encontrados nas áreas de influências de maré. Já os sedimentos de origem continental variam de acordo com a rocha que lhe deu origem. Para os de origem mista “geralmente ocorrem na interface dos sedimentos continentais com influência de maré alta (GONÇALVES, 1993, p. 16).

De acordo com o plano de manejo (2012), é possível identificar 10 litotipos no interior da APA Serra Dona Francisca, sendo mais representativa os gnaisses do Complexo Luís Alves que constituem 64,08% da área e verifica-se de maneira generalizada com grande amplitude altimétrica, de 20m até 1.000m (JOINVILLE, 2012). Este mesmo documento explica sobre o Complexo Luís Alves:

É constituído por gnaisses granulíticos de composição comumente básica (гнаisses noríticos), rochas metamórficas da fácies anfibolito, camadas e lentes de quartzitos e formações ferríferas, assim como pequenos corpos de rochas ultrabásicas e rochas migmatíticas e cataclásticas (JOINVILLE, 2012, p. 285).

Seguido do Complexo Luís Alves, os granitos da unidade geológica Suíte Intrusiva da Serra do Mar representam 19,35% da APA, é formado por três maciços graníticos que são conhecidos por Granito Morro Redondo, Granito Dona Francisca e

Granito Pirai. Na APA é possível encontrar apenas os maciços do Granito Dona Francisca e Granito Pirai, ocorrem em cotas altimétricas de até 1.320m com a formação de picos que servem como interesse turístico para a prática de trilhas e normalmente são recobertos por vegetação e campos de altitude (JOINVILLE, 2012).

O litotipo Depósito aluvial compreende uma área de 6,96% da APA e está relacionado com os rios que possuem vazões mais elevadas na região, que de acordo com Oliveira (2007) apud Joinville (2012) os rios que foram identificados vazões médias mais elevadas são o Rio Cubatão com 12,14 m³/s, Rio Três Barras com 3,53m³/s e o Rio Pirabeiraba com 1,96m³/s (JOINVILLE, 2012). Os outros 7 litotipos encontrados nos limites da APA são: Arcósios, arenitos e riolitos (1), Conglomerados polimíticos (2), Depósito coluvial (3), Dique de diabásio (4), Ortoconglomerados polimíticos, arcósios e siltitos (5), Riolito (6) e por fim Sedimentos continentais, conglomerados (7). Entretanto, não foram descritos no trabalho por possuírem pouca representatividade na APA, somados equivalem a menos de 10% da área de estudo (JOINVILLE, 2012).

3.4 GEOMORFOLOGIA

Em Santa Catarina, a Serra do Mar tem ampla influência no processo de ocupação do território catarinense. Na porção nordeste do estado, mais precisamente na região da Serra Dona Francisca, isso não é diferente. A relação entre o ser humano e o relevo é evidenciada através de sua ocupação em terrenos planificados, pois facilitam o estabelecimento dos mais diversos tipos de ocupação.

Na APA Serra Dona Francisca, é possível encontrar três estruturas morfológicas distintas: planície, escarpa e planalto. No plano de manejo, publicado em 2012, são detalhadas as unidades morfológicas das três estruturas citadas anteriormente. Para a planície, são correspondentes as Colinas Costeiras e Vales Fluviais. A unidade morfológica Escarpa e Rampa estão associados à estrutura morfológica das áreas de escarpa. Nas regiões de planalto, foram definidas as unidades de Maior Dissecção, Menor Dissecção e os Vales Fluviais, que recebe a mesma nomenclatura relacionada com as Planícies, porém com características diferentes (JOINVILLE, 2012).

A estrutura morfológica de Planície é caracterizada pela unidade vales fluviais, que são áreas de baixa altitude com predominância de bacias hidrográficas extensas

e distintas hidrodinâmicas. Outra unidade associada a esta estrutura, as Colinas Costeiras, são remanescentes da erosão ocorrida na Serra do Mar no período Cenozóico. Os responsáveis por tal erosão foram as ações dos rios, mar e movimentos de massa que isolaram essas colinas do corpo principal da serra (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998; JOINVILLE, 2012).

Na transição entre as planícies costeiras e o planalto, estão localizadas as escarpas. Nesta estrutura morfológica são identificadas por declividades elevadas, havendo a diferença entre declividades nas duas unidades morfológicas proposta pelo plano de manejo. Para a unidade Escarpa a angulação de declividade supera os 30°, o que propicia deslizamentos de massa e a presença de cachoeiras nestas áreas. Já a Rampa possui angulação entre 5° a 30° de declividade, ocorrem entre 20 e 400 metros de altitude e predomina a erosão laminar e linear. Em sua tese de doutorado, Oliveira (2006), destaca que a Serra do Mar

[...] apresenta-se como um conjunto de cristas e picos, separados por vales profundos em “V” e com encostas íngremes. Caracterizam essa área cotas elevadas, que podem atingir até 1.500 metros de altitude, o que confere significativa amplitude altimétrica aos vales, de até 400 metros (OLIVEIRA, 2006, p.41).

Entre 600 e 1.320 metros de altitude estão localizadas as áreas de Planaltos, situadas mais a oeste da área de estudo, predominam a baixa declividade e são encontrados os campos de altitude. Estas são as regiões mais elevadas da APA e da cidade de Joinville, onde o pico mais alto, no trecho da Serra Queimada, chega a 1.320 metros de altitude em relação ao nível do mar. De acordo com o plano de manejo são definidas três unidades morfológicas que correspondem à esta estrutura. As zonas de maior dissecação são identificadas, em relação ao entorno, como as áreas mais altas da APA. “Estas áreas que se destacam na paisagem regional como promontórios mais elevados, possuem amplitude altimétrica em relação à paisagem de entorno entre 100 e 300 m, com incremento na declividade local” (JOINVILLE, 2012, p. 301).

A segunda unidade definida é caracterizada como áreas de baixa dissecação, onde as amplitudes altimétricas ficam na média de 50 metros, conhecidas como mares de morros, proposta por Aziz Ab’Saber (2003). Na terceira unidade, os Vales Fluviais, recebem a mesma denominação para duas estruturas morfológicas distintas. No contexto da estrutura dos Planaltos, os Vales Fluviais se diferenciam por conta da altimetria e processos hidrológicos associados. Assim como na região de planície,

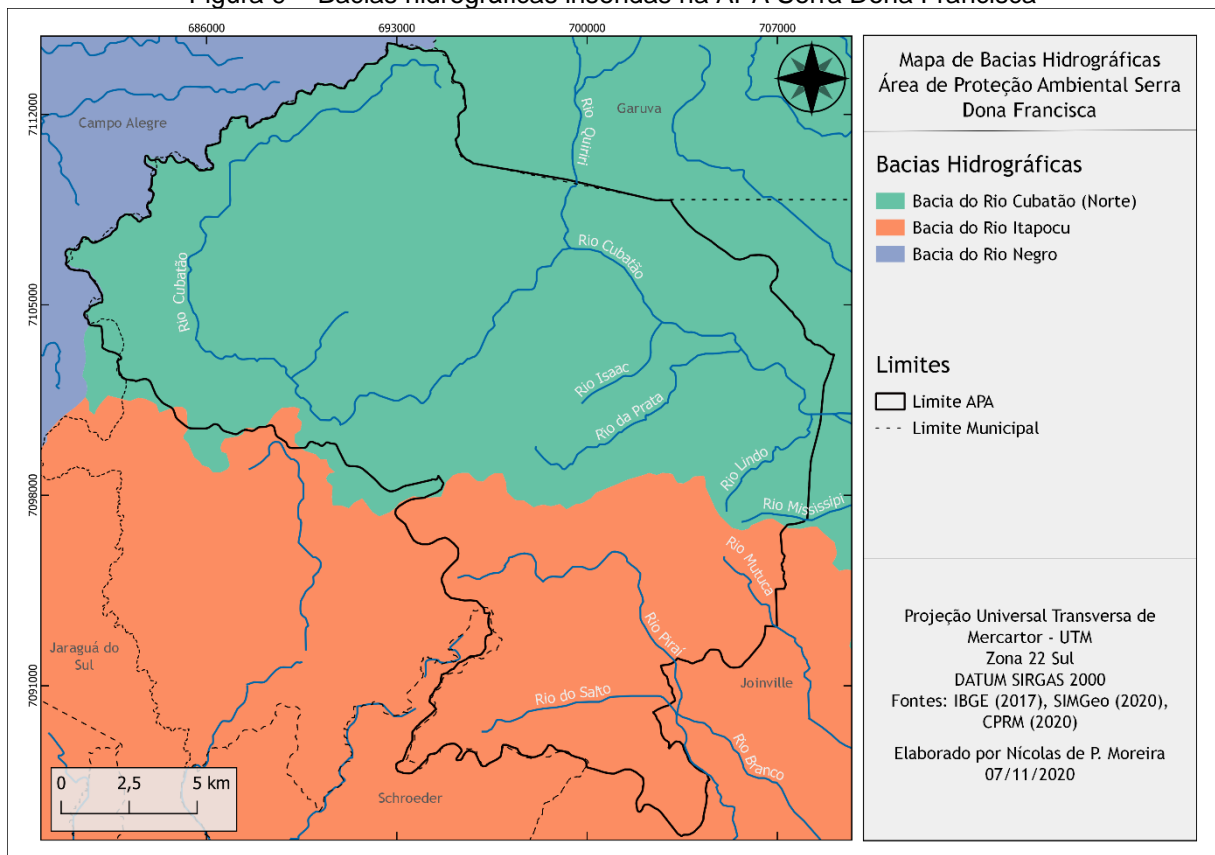
essas áreas correspondem às áreas mais planas da APA, com declividade inferior a 5°. Essa unidade está associada à formação de planícies de inundação nos canais principais dos rios.

No planalto a unidade morfológica vales fluviais está associada principalmente a áreas deposicionais com formação de vales com planície de inundação nos canais principais dos rios. A formação dos vales e da planície de inundação normalmente está associada ao controle estrutural com formação de barreiras estruturais que formam "gargalos" que dificultam o fluxo hídrico e promovem alterações no curso dos rios, possibilitando o surgimento das planícies de inundação (JOINVILLE, 2012, p.302).

3.5 HIDROGRAFIA

Existem duas principais bacias hidrográficas regionais que predominam nos limites da APA Serra Dona Francisca (Figura 9), são elas: Bacia do Rio Cubatão Norte e bacia do Rio Itapocu. A bacia do Rio Itapocu, no que abrange a área de estudo, corresponde localmente a uma de suas sub-bacias, bacia do rio Piraí (JOINVILLE, 2012).

Figura 9 - Bacias hidrográficas inseridas na APA Serra Dona Francisca



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A bacia hidrográfica do Rio Cubatão Norte possui grande relevância no contexto da APA e do município de Joinville, 75% de seu território está inserido em terras joinvilenses e os 25% restantes estão no município de Garuva. É nesta bacia que se encontra a principal estação de captação e tratamento da água para abastecimento de Joinville, a Estação de Tratamento de Água (ETA) Cubatão (Figura 10), que é responsável por 70% do abastecimento de água da cidade (OLIVEIRA *et al.*, 2017; JOINVILLE, 2012).

Figura 10 - Entrada ETA Cubatão (A), Placa de entrada ETA Cubatão (B)



Fonte: Acervo pessoal. Novembro de 2020

Sua nascente está situada na Serra Queimada, a 1.169 metros de altitude e sua foz no canal do Palmital, totalizando uma área de 491,67 km². O canal principal (Figura 11) percorre por 62,2 km até encontrar a barragem de Pirabeiraba, onde é dividida em dois cursos, sendo um natural e outro artificial. O curso natural percorre por mais 27,4 km até a foz, totalizando 89,6 km. O curso artificial foi construído na década de 50, com o objetivo de reduzir os impactos causados pelas enchentes recorrentes da época, se estende por mais 15,9 km, totalizando 78,1 km até desaguar na Baía da Babitonga (OLIVEIRA *et al.*, 2017; GONÇALVES, 1993).

Figura 11 - Rio Cubatão Norte



Fonte: Acervo pessoal. Novembro de 2020

Outra importante bacia hidrográfica é a bacia do Rio Pirai, uma das sub-bacias do Rio Itapocu, que constitui cerca de 20% da área da APA. Sua área total de 567,8 km² é distribuída em três municípios: Joinville, Araquari e Guaramirim. Nesta bacia é realizada a coleta e tratamento de água através da ETA Pirai que abastece 30% de Joinville. O Rio Pirai, rio principal da bacia hidrográfica, se estende por 57 km até desaguar no Rio Itapocu, na divisa entre os municípios de Barra Velha e Araquari. Sua nascente está localizada à altitude de 749 metros, no interior da APA Serra Dona Francisca (OLIVEIRA *et al.*, 2017; JOINVILLE, 2012).

Além de seu uso para abastecimento público, de acordo com o estudo publicado em 2016 pela antiga Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville (atual Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável), o Rio Pirai e seus mananciais são responsáveis por 90% das áreas de arroz irrigado do município, por conta de suas planícies aluviais que favorecem esse tipo de ocupação. Em seu complexo hídrico também foram implantados cerca de 52 km de valas de irrigação, que complementam as áreas de cultivo de arroz (IPPUJ, 2016).

Em 1997, quando a APA foi estabelecida através do Decreto nº 8.055, um dos principais objetivos foi proteger os mananciais hídricos dessas duas bacias hidrográficas, pois são responsáveis por 100% do abastecimento de água do município de Joinville. Além de também servirem para usos agrícolas, industriais, lazer e turismo rural.

4 METODOLOGIA

Nesta seção estão descritos os procedimentos metodológicos realizados neste trabalho, contemplando desde os trabalhos iniciais em gabinete até as etapas de pós processamento, validação dos dados e mapas gerados.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E COLETA DE DADOS

Esta etapa consistiu na atividade inicial do trabalho que foi realizar uma revisão bibliográfica acerca do assunto, buscando em dissertações, teses, livros, publicações em eventos, sites oficiais, monografias, entre outros meios de consulta, trabalhos relacionados à temática, considerando tanto os conceitos teóricos quanto a metodologia proposta. Concomitante à revisão bibliográfica, foi elaborado um referencial teórico dos conceitos fundamentais que norteiam a pesquisa.

O estudo que serviu para comparação foi o plano de manejo da APA Serra Dona Francisca, publicado em 2012, que traz diversas informações socioambientais no tocante à UC em questão. O mapa de uso e cobertura do solo referente à 2010 foi produzido pela empresa STCP Engenharia de Projetos Ltda. que utilizou classificação supervisionada MAXVER e interpretação visual para sua produção (JOINVILLE, 2012).

Após análise dos conceitos teóricos e legislação vigente, foram elencados os dados necessários para alcançar os resultados. Foram efetuadas buscas em bases públicas, sendo considerados: Sistemas de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Prefeitura de Joinville, entre outros.

Por meio dos dados obtidos, foram realizadas análises quantitativas e qualitativas das mudanças de uso e cobertura do solo da área de estudo.

4.2 PRÉ-PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO

Para realizar o mapa de uso e cobertura do solo da APA Serra Dona Francisca foram aplicadas técnicas de interpretação visual, para isso optou-se por utilizar imagens multiespectrais do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel 2 pelo fato de estarem disponibilizadas gratuitamente com resolução espacial que atendia às

demandas do mapeamento. O software de código aberto, QGIS versão 3.4.5 Madeira, foi utilizado para a realização de todo o processo de mapeamento, desde a segmentação das imagens até a produção dos mapas finais.

Na primeira etapa do mapeamento, a seleção das imagens, teve como critério a melhor qualidade possível com pouca ou nenhuma cobertura de nuvens, que permite realizar um mapeamento mais confiável. Foram adquiridas através da plataforma GloVis do Serviço Geológico dos Estados Unidos, onde as imagens selecionadas são das seguintes datas: 30/01/2019, 20/04/2019 e 24/06/2019. O processo inicial de segmentação teve como base a imagem de abril, pois, foi a que melhor apresentou a diferenciação dos alvos espectrais, enquanto as imagens de janeiro e junho de 2019 serviram como complementares para evitar confusões com alvos que podem ter alguma semelhança na resposta espectral em uma única imagem. O período de seleção das imagens também levou em consideração diferentes estações do ano, pois abrangem uma janela de tempo do calendário agrícola local, período de chuvas frequentes, chuvas menos frequentes e que consequentemente interferem nas respostas dos alvos.

Por conta da área de estudo se encontrar no limite de duas órbitas pontos (22JFR e 22JFS) foi necessário executar o processo de mescla das imagens, para em seguida fazer o recorte da área de estudo por meio de do *shapefile* de UC de Joinville, disponibilizados no SIMGeo. Feito o recorte das imagens de acordo com os limites da área de estudo, foi realizado o ajuste de contraste através do histograma, para realçar as classes de mapeamento e assim facilitar a interpretação.

Finalizado os recortes referentes à APA, com a ferramenta complementar *OrfeoToolbox* do QGIS deu-se início à segmentação da imagem, para após ser feita a interpretação e classificação do mapa. Para isso, foi aplicado o algoritmo *mean-shift* que se baseia em regiões. Esse método é feito “através de uma técnica de homogeneização local, na qual cada *pixel* é substituído pela média dos *pixels* em uma janela de busca, cujo valor está dentro de um intervalo de distância pré-definido” (COSTA, 2019, p. 14). Ou seja, é definido um valor para o raio *r* e todos os *pixels* nesse raio são calculados a média, em seguida, o algoritmo muda o centro de *r* para a média dos valores e repete esse processo até convergir (COSTA, 2019).

4.3 CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO 2019

Como produto final do pré-processamento, foi gerado um arquivo *shapefile* com as regiões de *pixels* segmentadas que serviram de base para classificação das classes. Optou-se por utilizar as Bandas 04 (Red), 08A (Red Edge 4) e 11 (SWIR 1) na composição falsa cor R08AG11B04 na escala de 1:15000 com resolução espacial de 20 metros. Nesta composição, os alvos avaliados possuem respostas espectrais características e de fácil distinção.

As classes definidas foram: Vegetação Florestal, Silvicultura, Pastagem, Cultura Perene, Cultura Temporária, Áreas Construídas, Vegetação Campestre, Corpo Hídrico, Mineração. Estas classes foram importadas do mapa referente à 2010 disponível no plano de manejo para possibilitar comparações de resultados. A classificação do uso e cobertura do solo se deu através das imagens Sentinel selecionadas nas etapas anteriores, nestas imagens foram analisados elementos de reconhecimento destas classes, como textura, padrão, cor, tonalidade, comportamento espectral, forma e contexto onde o alvo está inserido. Por meio do Quadro 2 são descritas as características consideradas neste trabalho das classes de mapeamento.

Quadro 2 – Descrição das classes de uso e cobertura do solo

Classes de uso e cobertura do solo	
Classe	Descrição
Vegetação Florestal	Áreas ocupadas por vegetação florestal, na APA, é caracterizado pela Floresta Ombrófila Densa e transição para Floresta Ombrófila Mista.
Silvicultura	Áreas ocupadas por cultivo de árvores de uma mesma espécie exótica. Destinado à extração madeireira, produção de celulose, entre outros. Na APA é encontrado o plantio de <i>pinus</i> e eucalipto para fins comerciais.
Pastagem	Áreas caracterizada pelo pastoreio do gado e outros animais. Cobertas por vegetação gramínea com evidência de manejo para alimentação do gado.
Cultura Perene	Áreas caracterizadas pelo plantio de espécies arbóreas de longa duração sem a necessidade de novos plantios, de porte médio destinadas à produção de frutos. Na APA essas áreas correspondem majoritariamente à produção de banana e palmito.
Cultura Temporária	Áreas destinadas ao plantio de plantas de baixo crescimento e duração. Durante o período de um ano é possível observar todos os ciclos de desenvolvimento.
Áreas Construídas	Caracterizam-se por áreas compostas por estruturas artificiais. Exemplo: cidades, vilas, sistema viário, edificações, indústrias e comércios.
Vegetação Campestre	Caracteriza-se por áreas com presença de gramíneas e estrato predominantemente arbustivo. Na APA ocorre os campos de altitude.

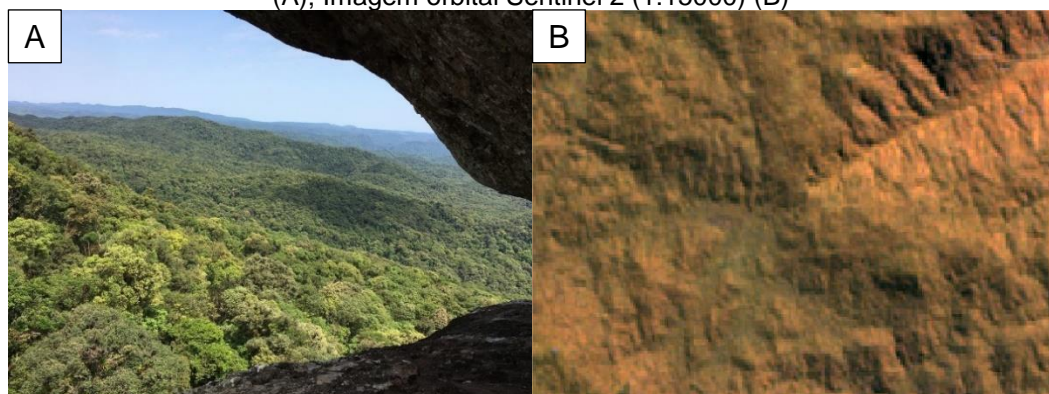
Continua

Classes de uso e cobertura do solo	
Classe	Descrição
Corpo Hídrico	Áreas caracterizadas por corpos d'água. Neste trabalho estão agrupados nesta classe os corpos d'água naturais e artificiais.
Mineração	Áreas identificadas pela exploração ou extração de substâncias minerais. Na APA é possível observar áreas destinadas a exploração de materiais utilizados na construção civil, como areia e brita.

Fonte: IBGE (2020), elaborado pelo autor (2021).

No caso da Vegetação Florestal (Figura 12), a classe se comporta com feições heterogêneas, sem formatos lineares. Sua resposta espectral, nesta região, transmite cores próximas ao vermelho com tonalidade mais clara. Em campo esta classe compreende as formações florestais naturais não uniformes.

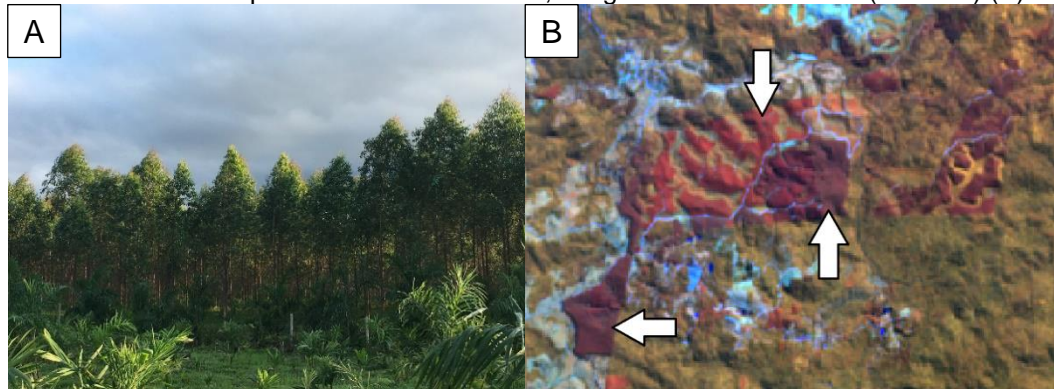
Figura 12 - Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Florestal, em campo (A); Imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

Para a classe Silvicultura (Figura 13), sua visualização nas imagens de satélite pode ser identificada através de sua textura homogênea, padrão regular de distribuição e crescimento uniforme das árvores. Caracterizado pela cor vermelho intenso. Observada em campo a Silvicultura se caracteriza com a presença de árvores da mesma espécie com tamanhos uniformes de crescimento. Na APA ocorre o plantio de espécies exóticas como por exemplo o *pinus* e o eucalipto.

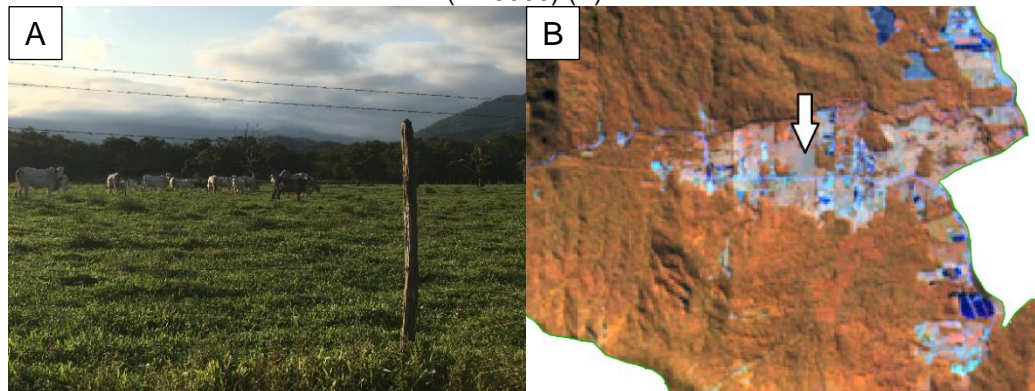
Figura 13 - Padrão de uso e cobertura para a classe Silvicultura, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Silvicultura, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

A classe Pastagem (Figura 14) é definida por sua textura homogênea com formatos irregulares, onde predominam áreas com desenvolvimento de gramíneas para alimentação do gado. São bem delimitadas e manejadas. Por imagens de satélite é possível visualizar algumas estruturas relacionadas à produção do gado, como bebedouros e sombra para descanso. Já em campo, é possível identificar a presença de gramíneas com manejo, cercas em torno do imóvel para o pastoreio do gado.

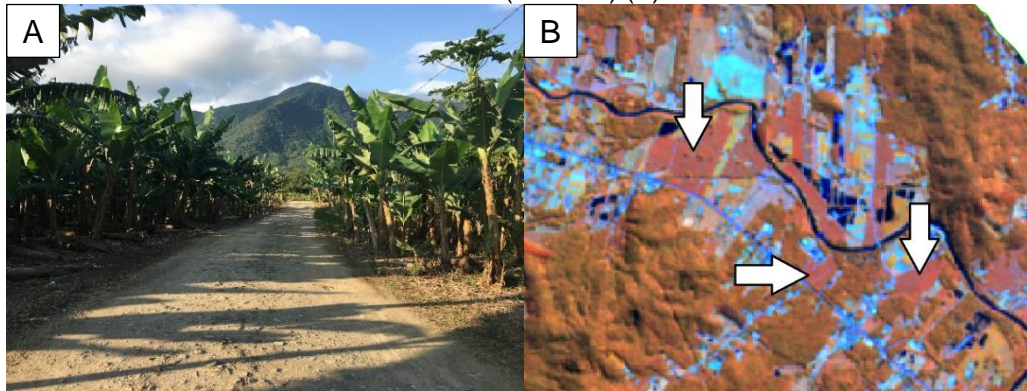
Figura 14 - Padrão de uso e cobertura para a classe Pastagem, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Pastagem, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

A respeito da classe Cultura Perene (Figura 15) é possível identificar áreas com o mesmo padrão de tamanho, de porte médio. Assim como a Silvicultura, possuem textura homogênea, entretanto são diferenciadas através das imagens de satélite por conta de sua diferença de tamanho, sombra e tonalidades distintas. Representam plantios de espécies de árvores e/ou espécies arbustivas que produzem algum fruto ou produto comercializável, ex: bananais, cafezais, entre outros.

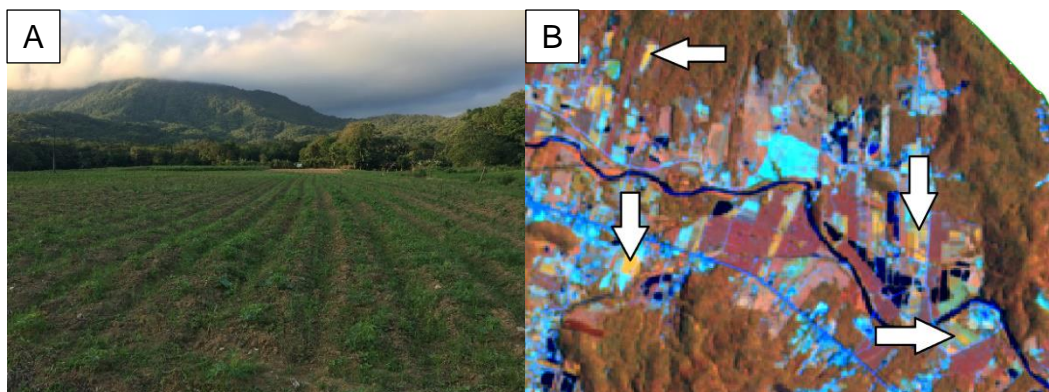
Figura 15 - Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Perene, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Permanente, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

Em relação à Cultura Temporária (Figura 16), são comumente representadas por talhões retangulares bem delimitados, e culturas de baixo crescimento, onde é possível acompanhar através de imagens multitemporais o manejo da área, crescimento do cultivo, seu máximo desenvolvimento e pôr fim a colheita. São caracterizadas em campo por terrenos com a presença de solo exposto ou desenvolvimento uniformes de plantas de baixo crescimento.

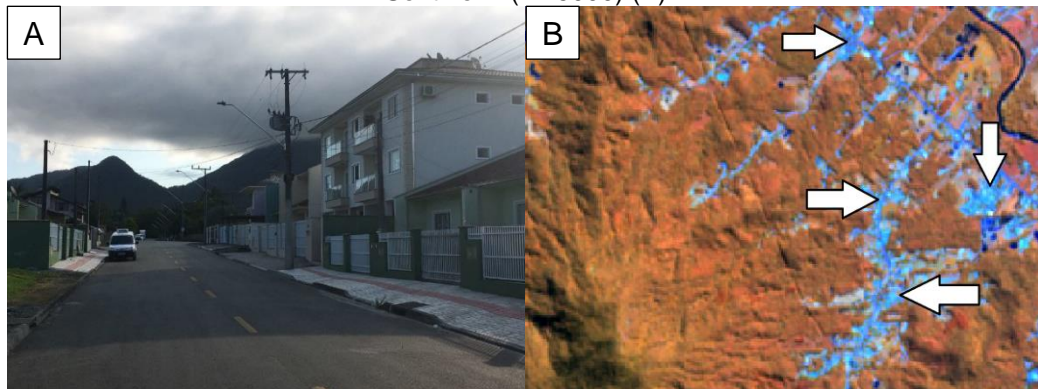
Figura 16 - Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Temporária, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Cultura Temporária, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

As Áreas Construídas (Figura 17), são possíveis identificá-las pelos padrões artificiais que as construções possuem, ex: ruas, quarteirões, edificações. Possuem alta reflectância da radiação eletromagnética e textura rugosa.

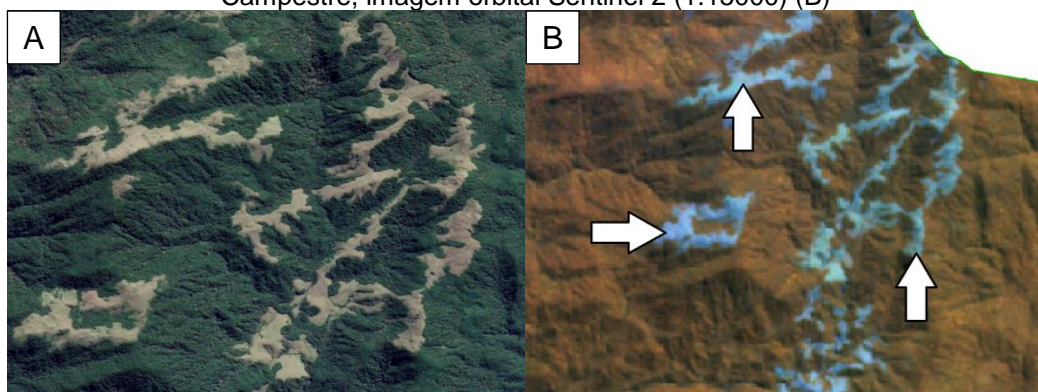
Figura 17 - Padrão de uso e cobertura para a classe Áreas Construídas, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Áreas Construídas, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

A classe Vegetação Campestre (Figura 18) se assemelha muito com a classe de Pastagem em razão da presença de gramíneas com a diferença de que não possuem nenhum tipo de manejo. Por conta de as áreas de vegetação campestre serem encontradas em áreas de difícil acesso e em contexto de terreno escarpado, foi necessário utilizar imagens de alta resolução para exemplificar esta classe no trabalho. No caso da APA Serra Dona Francisca, outro indicativo que facilita sua interpretação é a inserção quase total em zonas de conservação, tal zona definida pelo plano de manejo onde o uso direto dos recursos naturais é proibido.

Figura 18 - Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Campestre, imagem de alta resolução (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Vegetação Campestre, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)

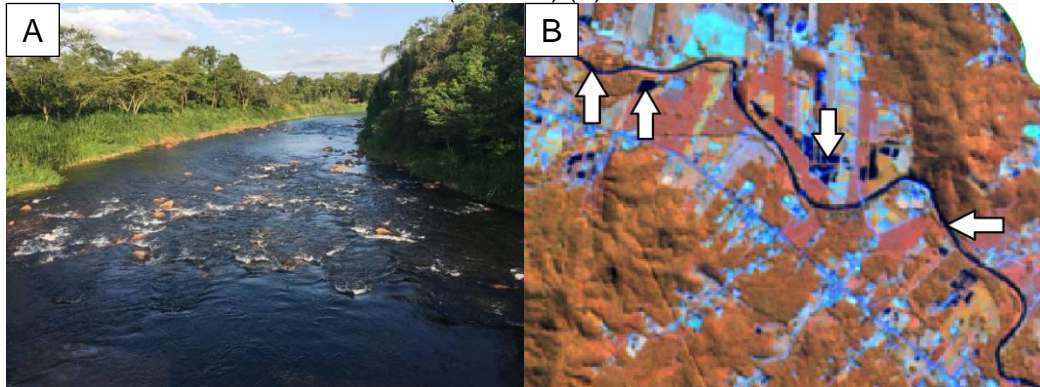


Fonte: Google Earth. Junho de 2020

Neste trabalho, rios (Figura 19), reservatórios e lagos artificiais (Figura 20) estão agrupados na classe Corpos Hídricos. Por não apresentarem mudanças visíveis entre 2010 e 2019, as feições correspondentes a rios foram aproveitadas do mesmo *shapefile* de 2010 disponibilizado pelo SIMGeo. Os reservatórios e lagos artificiais

podem ter diversos tipos de uso como geração de energia, uso recreativo e comercial, como por exemplo, pesque-pague.

Figura 19 - Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

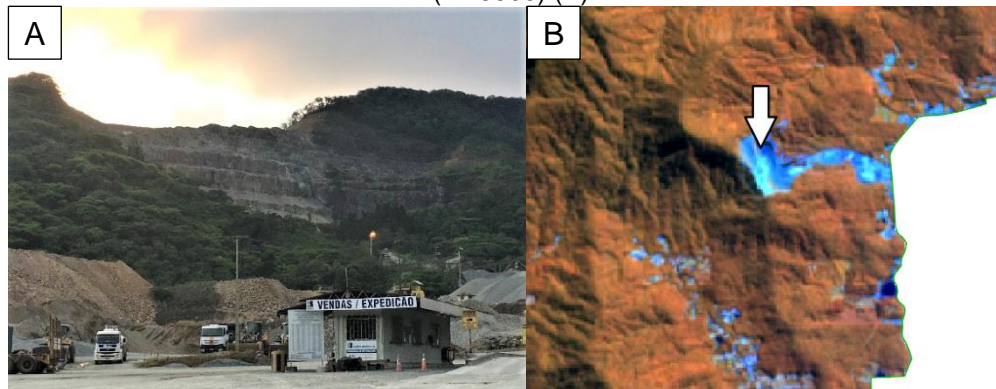
Figura 20 - Padrão de uso e cobertura para a classe Corpo Hídrico, em campo



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

Para a classe Mineração (Figura 21) são identificadas feições irregulares bem delimitadas, presença de cavas e reservatórios de água ou rejeitos. Em campo, são identificadas por extensas áreas sem cobertura florestal, presença intensa de caminhões para transporte e maquinário para extração da matéria prima e depósitos de materiais extraídos.

Figura 21 - Padrão de uso e cobertura para a classe Mineração, em campo (A); Padrão de uso e cobertura para a classe Mineração, imagem orbital Sentinel 2 (1:15000) (B)



Fonte: Acervo do autor. Novembro de 2020

Além da diferença de resposta espectral dos alvos, também houveram análises quanto à padrões de textura, geometrias, contexto onde o alvo está inserido e análise multitemporal. Para uma classificação mais assertiva, as imagens de alta resolução do *Google Earth* foram utilizadas como complementares à interpretação visual, eliminando eventuais dúvidas na discriminação dos alvos.

4.4 COMPARAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO 2019 COM O MAPA DO PLANO DE MANEJO (2010)

Realizada a classificação, além da elaboração do mapa de uso e cobertura do solo de 2019, os dados de área referentes às classes de mapeamento foram tabulados para fins de comparação. Nas tabelas resultantes foi possível verificar a área total em hectare de cada classe mapeada e sua porcentagem relativa à área total da UC, tanto para 2010 quanto para 2019. Houve uma diferença de 0,8 hectares na área total entre os dois anos comparados, que ocorreu por conta do processo de recorte da imagem *raster* pela camada *shapefile*. Por se tratarem de dados de naturezas diferentes, geram pequenas lacunas no *raster* final. A diferença pode ser considerada dentro da margem de erro cartográfico.

Inseridos em uma planilha, os dados de 2019 foram comparados aos dados de 2010 para visualizar quais classes houveram expansão e retração. Feito isso, foi possível calcular os valores de diferença da área em hectares e sua porcentagem relativas à área total.

4.5 RELAÇÃO ENTRE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO COM O ZONEAMENTO VIGENTE DA APA

Por meio do plano de manejo da APA Serra Dona Francisca, foi definido seu zoneamento, onde foram considerados diferentes critérios para sua implantação. O objetivo principal do zoneamento é delimitar em quais áreas o uso e ocupação antrópico do solo serão mais ou menos intensivo, levando em consideração fatores geológicos, geomorfológicos e legislativos.

De acordo com o documento, o zoneamento da APA Serra Dona Francisca teve como critérios ambientais e socioeconômicos em sua elaboração. Também foram consideradas as análises referentes a

Uso e ocupação do solo, representatividade, riqueza e diversidade de espécies, grau de conservação do ambiente em especial da vegetação, suscetibilidade ambiental, relevo e características físicas territoriais, ocorrência de sítios arqueológicos, potencialidade para uso público, visitação e educação ambiental, entre outros aspectos relevantes (JOINVILLE, 2012, p. 573).

Além disso, para as APAs, segundo o Roteiro Metodológico do IBAMA (2001) sugere o estabelecimento de Zonas Ambientais, que são definidas como “padrão territorial com peculiaridades de natureza biótica e abiótica, paisagística, cultural e com características decorrentes dos processos de uso e ocupação do solo” (IBAMA, 2001, p. 163). Baseado nessas premissas foram definidas 4 categorias de Zonas, sendo elas: Zona de Conservação, de Uso Especial, de Uso Intensivo e de Uso Restrito.

A Zona de Conservação consiste em manter íntegros espaços com o papel principal de proteger os sistemas naturais. Tem como objetivo geral conservar a paisagem natural e as espécies ameaçadas, raras e endêmicas associadas ao ecossistema da Floresta Atlântica. Além disso, protege as nascentes e mananciais responsáveis pelo abastecimento do município. Essa Zona é constituída por áreas com grande potencial para a criação de UC de Proteção Integral (JOINVILLE, 2012).

As Zonas de Uso Intensivo são as áreas mais antropizadas, onde a ocupação humana é mais intensa. Essa Zona visa ordenar a ocupação humana nos limites da APA, estabelecendo regras de uso do solo para a mitigação e minimização dos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica (JOINVILLE, 2012).

Nas Zonas de Uso Restrito o espaço é caracterizado por áreas de transição entre as Zonas de Conservação e Zonas de Uso Intensivo, e cumprem um papel

semelhante às zonas de amortecimento encontradas em diversas UC. São compostas por áreas naturais com algum tipo de alteração (JOINVILLE, 2012).

Por conta da presença de outras UC no interior da APA Serra Dona Francisca, as Zonas Especiais surgem para o fortalecimento dessas UC, pois ampliam a proteção dos recursos naturais e o desenvolvimento de atividades permitidas. Nestas Zonas, as normas estabelecidas que devem ser seguidas são propostas pelos respectivos Plano de Manejo dessas UC, caso ainda não tenham sido elaborados, as normas aplicadas devem seguir outros instrumentos legais até sua elaboração (JOINVILLE, 2012).

Nesta etapa do trabalho metodológico, foi utilizado o arquivo *shapefile* do zoneamento definido no plano de manejo, disponibilizado gratuitamente pelo SIMGeo. Através deste *shapefile*, em ambiente de SIG, foi possível gerar um mapa de calor e então relacionar espacialmente todas as mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019 com as zonas de uso definidas.

Todas as alterações de classes identificadas através do SIG, resultaram em uma nova camada *shapefile*, onde os polígonos de mudanças puderam ser especializados no interior da APA Serra Dona Francisca. O processamento desta camada foi feito a partir da união do *shapefile* referente ao mapa de 2010 com o *shapefile* resultado deste trabalho. Com os polígonos unidos, através da tabela de atributos foi possível aplicar filtros que ignoram todos os polígonos que não houveram mudanças de classes, ficando apenas visível os polígonos que tiveram alguma alteração na classificação entre os mapas. Por se tratar de um resultado qualitativo, foram aplicados filtros para retirar polígonos de mudanças de uso e cobertura do solo que fossem menores que 0,5 hectares. Desta forma, estes polígonos considerados como ruídos de mapeamento e possíveis deslocamentos não são levados em conta na análise do mapa de calor das mudanças de uso e cobertura do solo.

Para elaboração do mapa de calor, foi necessário converter todos os polígonos resultantes em uma camada de pontos. Para isso, foi utilizado no *software* QGIS a ferramenta de geração de pontos no centroide do polígono. Foi gerado um ponto em cada polígono identificado como alteração de mudança de classe, onde a partir desta camada de pontos final foi possível gerar o mapa de calor final exposto nos tópicos de resultados.

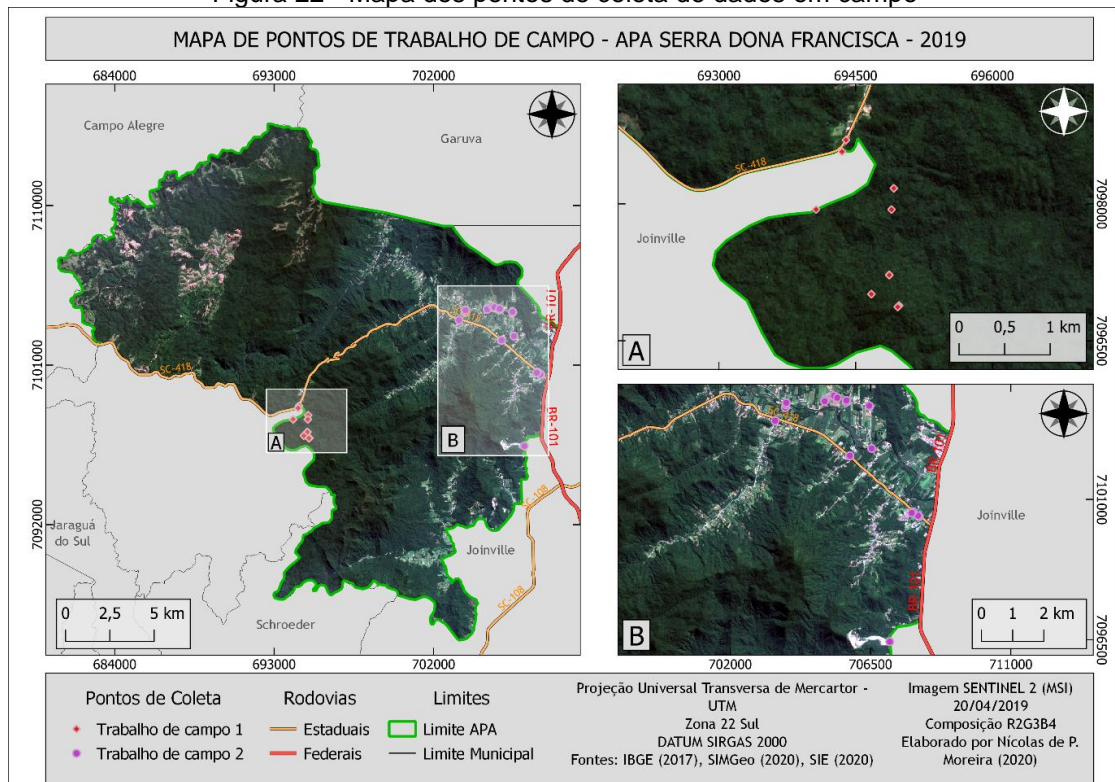
4.6 TRABALHO DE CAMPO

Foram realizados dois trabalhos de campo no interior da APA, o primeiro (1) ocorreu no dia 08 de novembro de 2020 na trilha do Castelo dos Bugres, acessado pela SC-418 na Serra Dona Francisca. O segundo (2) campo ocorreu no dia 14 de novembro de 2020 na região de planície, onde há uma concentração de pequenas propriedades com variados usos do solo.

O roteiro previamente elaborado teve como objetivo a coleta de informações das nove (9) classes de mapeamento e captura de fotos para seus detalhamentos neste trabalho. A rota foi definida em ambiente SIG, tendo como prioridade a coleta de pontos para todas as classes de mapeamento que pudessem ser facilmente acessadas.

Para o registro das informações foi utilizado o aplicativo *Epicollect5*, através dele foi possível armazenar as coordenadas geográficas, data, classe de mapeamento observada, descrição e foto. No total foram obtidos 37 pontos, sendo 12 pontos para a trilha realizada no dia 08 de novembro de 2020 e os outros 25 pontos foram coletados no segundo trabalho de campo, conforme a Figura 22.

Figura 22 - Mapa dos pontos de coleta de dados em campo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

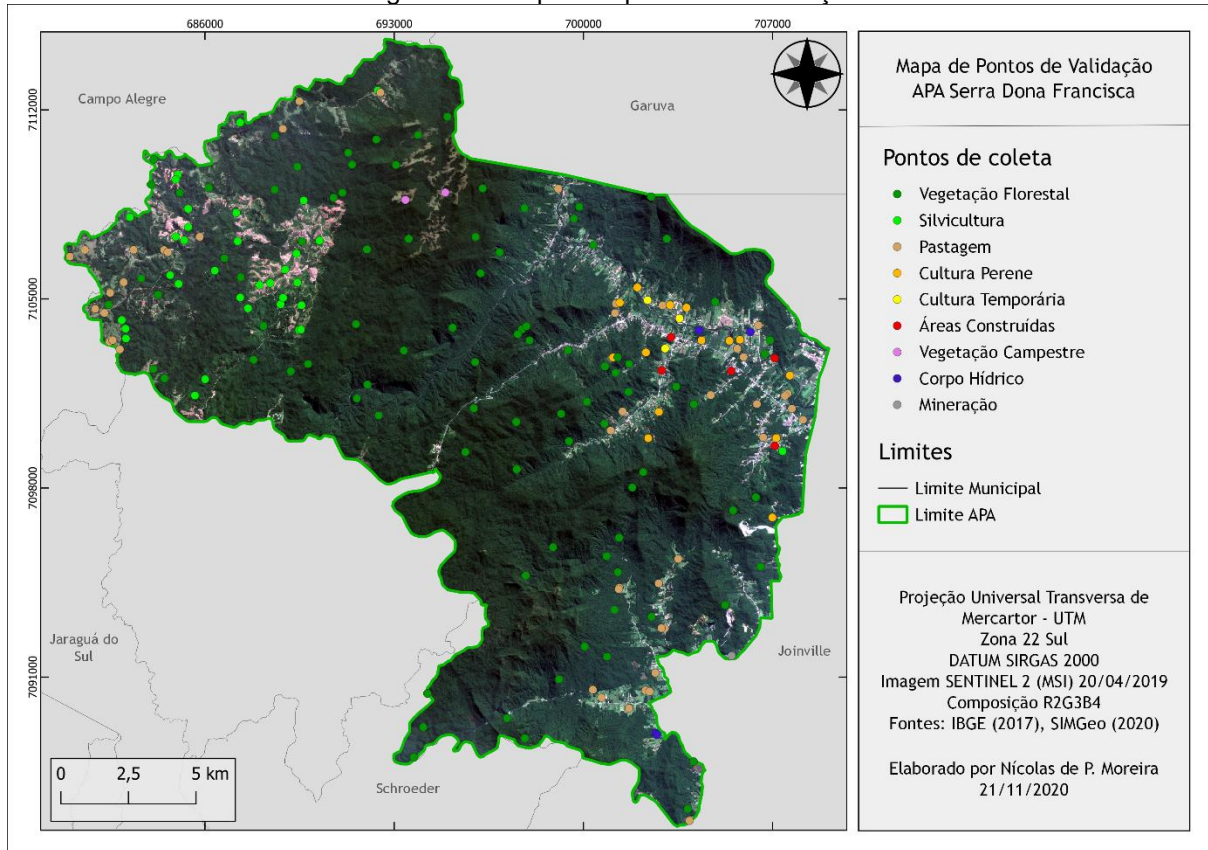
Através dos pontos especializados, constatou-se que as classes de mapeamento inicialmente observadas nas imagens de sensoriamento remoto, foram confirmadas com o trabalho de campo, com isso os resultados de mapeamento foram mais precisos. Além disso, as informações e fotos adquiridas complementam a discussão e a exposição deste trabalho.

4.7 VALIDAÇÃO DE DADOS

Na etapa de validação de dados foi produzida a matriz de confusão, ferramenta amplamente utilizada para realizar avaliações de acurácia de mapeamento. A matriz teve como referência 200 pontos de validação espalhados aleatoriamente em toda a extensão territorial da APA (Figura 23). Esta matriz consiste em um determinado número de linhas e colunas que agrupam os pontos coletados neste trabalho para sua validação. Os pontos classificados são cruzados com os resultados obtidos do mapa e a partir disso é possível obter os números de acurácia para análise (BRITO, 2008).

Os pontos foram gerados aleatoriamente através do QGIS 3.4 e classificados conforme a classe adequada visualizada nas imagens de alta resolução do *Google Earth*. As imagens utilizadas tiveram como data de referência o ano de 2019, ano de estudo do mapeamento deste trabalho.

Figura 23 - Mapa dos pontos de validação



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após a classificação dos pontos, as classes do *shapefile* de pontos de validação foram cruzadas com as classes do *shapefile* de mapeamento através da ferramenta de intersecção do QGIS 3.4. Com isso, um novo *shapefile* foi gerado, nele foi possível relacionar através da tabela de atributos em qual classe de mapeamento os pontos tocavam, que então foram tabulados para gerar a matriz de confusão e posteriormente a análise da acurácia de mapeamento.

Para os cálculos da matriz de confusão, os dados obtidos foram trabalhados em ambiente de planilha, onde foi calculado a acurácia global, a acurácia de mapeamento e a acurácia de referência.

A acurácia global foi calculada através da razão de todos os pontos corretamente classificados pelo total de pontos coletados. Este coeficiente de acurácia determina a confiabilidade geral do mapa analisado, o quanto de probabilidade de um ponto escolhido aleatoriamente do mapa corresponder com a classe em campo e um ponto escolhido aleatoriamente do campo corresponder com a classe produzida no mapa (HELLDEN, STERN, 1980 apud BRITO, 2008).

A acurácia do usuário tem relação com os erros de omissão, segundo Ferreira *et al.* (2007) aponta este erro como uma definição imperfeita da classe. Foi obtida por meio da razão dos pontos corretamente classificados da classe descrita na linha pelo total de pontos adquiridos desta mesma classe. Neste caso os erros estão associados quando os pontos indicados foram determinados para outra classe não considerada na análise.

Já a acurácia do produtor foi determinada com o cálculo da razão do total de pontos corretamente classificados da classe descrita na coluna pelo total de pontos desta mesma classe. A acurácia do produtor indica a confiabilidade de cada classe classificada (FERREIRA *et al.* 2007). Além disso, estão associadas aos erros de inclusão, que se referem à inclusão de classes temáticas às quais não pertencem, uma delimitação excessiva da classe (BRITO, 2008; FERREIRA *et al.* 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

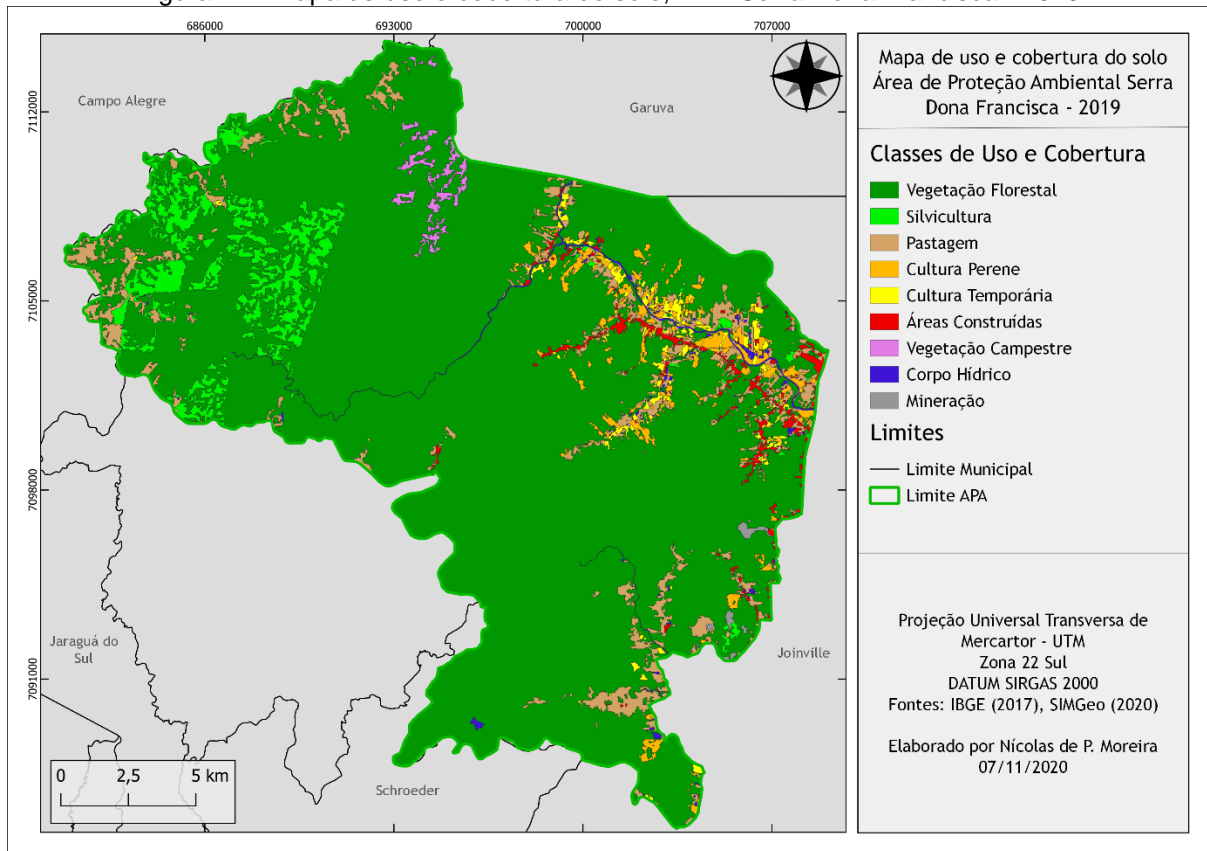
Os resultados alcançados estão baseados nas análises realizadas dos dados produzidos neste trabalho, tanto análises quantitativas quanto qualitativas. Além disso, apoiam-se no conhecimento prévio da área e trabalhos de campo realizados. Estão divididos em quatro tópicos que tratam do uso e cobertura do solo de 2019, alterações que ocorreram entre 2010 e 2019, relação das alterações com o zoneamento vigente e validação dos dados de mapeamento.

5.1 USO E COBERTURA DO SOLO 2019

A partir do trabalho de mapeamento e interpretação visual, referente ao ano de 2019, considerando as classes adotadas, os dados puderam ser visualizados e distribuídos espacialmente através do mapa das classes de uso e cobertura do solo apresentado a seguir na Figura 24.

Por se tratar de uma área extensa e sinuosa, as classes de uso antrópico ficam concentradas em regiões de planícies nos vales centrais e nos planaltos a oeste, sendo a classe de vegetação florestal predominante em toda a extensão territorial da APA.

Figura 24 - Mapa de uso e cobertura do solo, APA Serra Dona Francisca - 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após a execução das etapas de pós-processamento a partir dos dados produzidos, foi realizada a tabulação dos mesmos para dar continuidade nas análises que serão apresentadas posteriormente. Os dados foram categorizados por área em hectare e sua porcentagem em relação à área total, que por fim foram compilados na Tabela 2 a seguir.

Vegetação florestal é a classe majoritária na APA, representando 84,64% de toda área. Seguido pela classe de pastagem (5,43%), silvicultura (4,71%), cultura perene (1,84%), áreas construídas (1,04%), cultura temporária (0,96%), corpo hídrico (0,62%), vegetação campestre (0,61%) e a classe de menor extensão corresponde a mineração (0,15%).

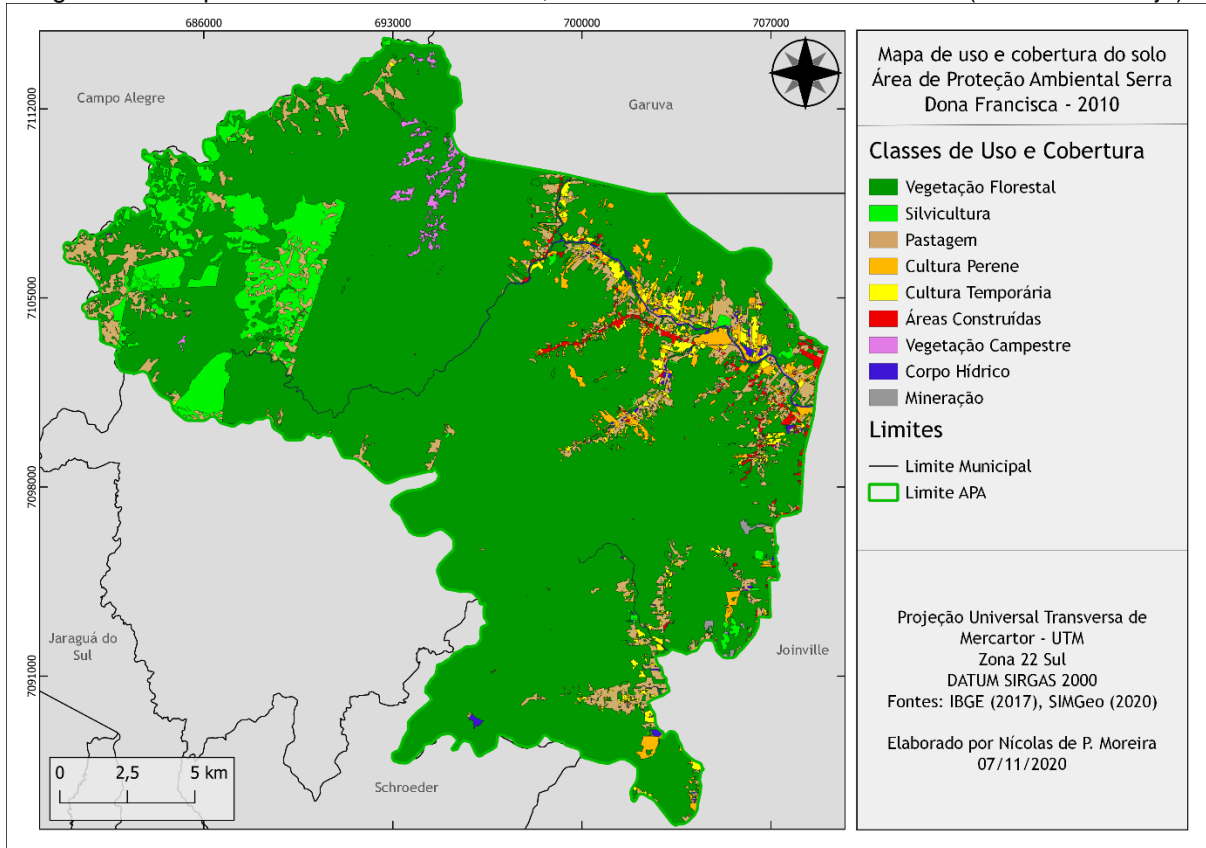
Tabela 2 - Dados geoespaciais das classes de uso e cobertura do solo de 2019.

Classe	2019	
	Área (ha)	% em relação à área total
Vegetação Florestal	34.271,44	84,64%
Silvicultura	1.906,10	4,71%
Pastagem	2.200,16	5,43%
Cultura Perene	745,65	1,84%
Cultura Temporária	388,76	0,96%
Áreas Construídas	420,51	1,04%
Vegetação Campestre	245,67	0,61%
Corpo Hídrico	251,65	0,62%
Mineração	61,21	0,15%
Soma total	40.491,15	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O mapa de uso e cobertura do solo da APA Serra Dona Francisca referente ao ano de 2010 está representado na Figura 25. Nele é visível que a maior parte da área se mantém estável, havendo algumas modificações mais perceptíveis na região de planalto, a oeste. Nesta região, o mapa realizado pela empresa STCP Engenharia de Projetos Ltda. teve a classe de silvicultura generalizada, enquanto o mapa realizado neste trabalho trouxe a região com maior detalhamento.

Figura 25 - Mapa de uso e cobertura do solo, APA Serra Dona Francisca - 2010 (Plano de Manejo)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.2 ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO ENTRE 2010 A 2019

Realizadas as tabulações dos dados de 2010 e 2019 (Tabela 3), os mesmos foram comparados para fins de análise de alterações territoriais. Os valores para o ano de 2010 se referem aos resultados do mapeamento realizado pela empresa STCP Engenharia de Projetos Ltda., no contexto do plano de manejo da APA Serra Dona Francisca. Estes dados foram obtidos através do SIMGeo disponibilizado pela Prefeitura de Joinville. Já os dados de 2019 se referem aos resultados de mapeamento produzidos neste trabalho apresentado.

Tabela 3 - Dados geoespaciais das classes de uso e cobertura do solo de 2010 e 2019.

Classe	2010		2019	
	Área (ha)	% em relação à área total	Área (ha)	% em relação à área total
Vegetação Florestal	33.385,89	82,45%	34.271,44	84,64%
Silvicultura	2.455,39	6,06%	1.906,10	4,71%
Pastagem	2.574,81	6,36%	2.200,16	5,43%
Cultura Perene	708,27	1,75%	745,65	1,84%
Cultura Temporária	586,21	1,45%	388,76	0,96%
Áreas Construídas	278,92	0,69%	420,51	1,04%
Vegetação Campestre	232,83	0,57%	245,67	0,61%
Corpo Hídrico	226,31	0,56%	251,65	0,62%
Mineração	43,33	0,11%	61,21	0,15%
Soma total	40.491,95	100,00%	40.491,15	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Com os dados de área individualizados por classe, foi possível calcular em quais classes houve expansão e retração. Na Tabela 4, os valores positivos equivalem à expansão e valores negativos à retração da classe.

Tabela 4 - Dados geoespaciais referentes a diferença de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019.

Classe	2010 - 2019	
	Área (ha)	% em relação à área total
Vegetação Florestal	885,55	2,19%
Silvicultura	-549,29	-1,36%
Pastagem	-374,65	-0,93%
Cultura Perene	37,39	0,09%
Cultura Temporária	-197,45	-0,49%
Áreas Construídas	141,59	0,35%
Vegetação Campestre	12,84	0,03%
Corpo Hídrico	25,34	0,06%
Mineração	17,88	0,04%
Soma total	-0,80	0,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para as classes que houveram expansão, o destaque fica para o aumento de 2,19% de Vegetação Florestal, que corresponde a um ganho de 885,55 hectares de áreas de regeneração florestal. O resultado se deve ao fato de haver maior detalhamento em zonas de plantio de silvicultura, onde houve uma substituição da classe Silvicultura para a classe Vegetação Florestal em áreas que foram erroneamente mapeadas e que nunca ocorreu o plantio de árvores exóticas. Após a Vegetação Florestal, apesar de pouca expressiva, a classe com maior taxa de crescimento foi Áreas Construídas (0,35%), seguido por Cultura Perene (0,09%), Corpo Hídrico (0,06%), Mineração (0,04%) e por fim Vegetação Campestre (0,03%). Das três classes que tiveram retração em seus resultados, a classe de Silvicultura corresponde a 1,36%, Pastagem 0,93% e Cultura Temporária 0,46%.

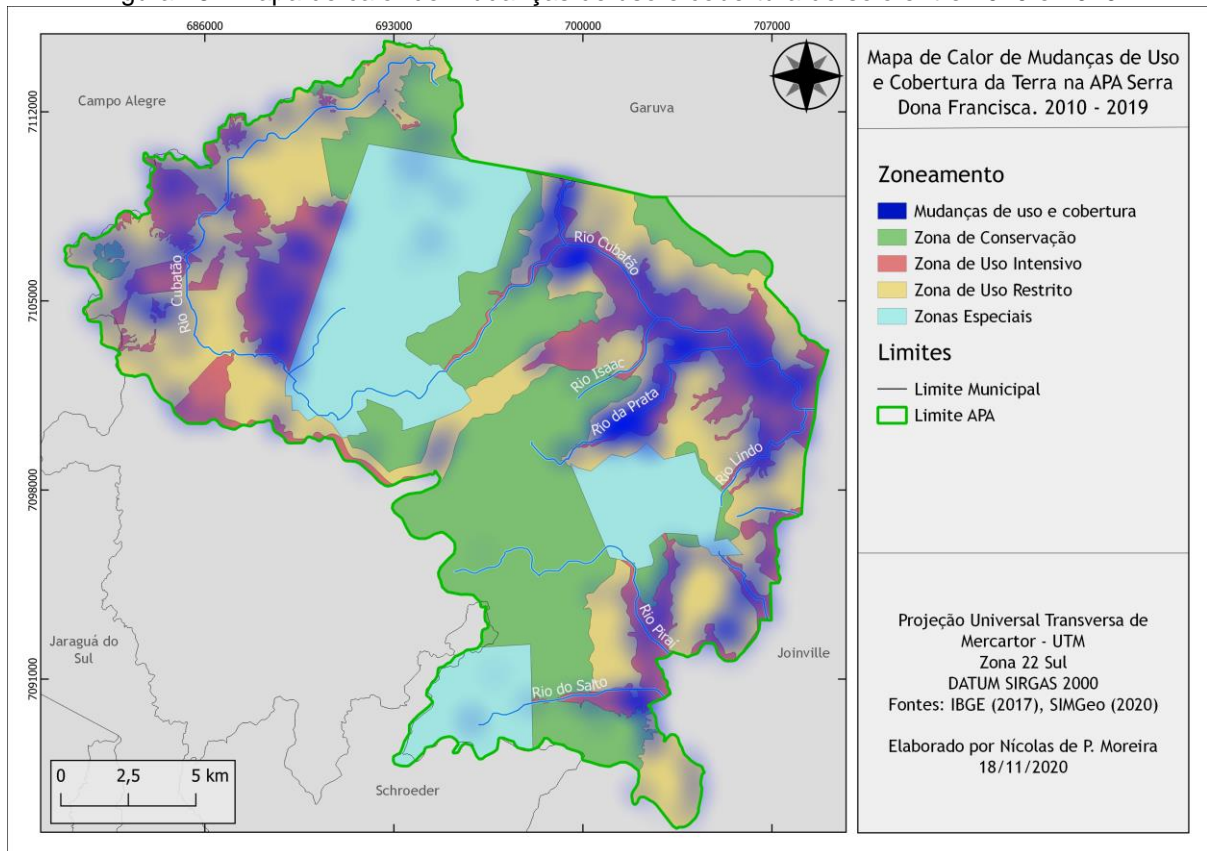
5.3 ESPACIALIZAÇÃO DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO COM O ZONEAMENTO DO PLANO DE MANEJO

Levando em conta as categorias propostas, por meio da Figura 26 é possível visualizar que a maior parte das mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019 ocorrem em áreas definidas para esse fenômeno. As Zonas de Uso Intensivo são as áreas que mais concentram os pontos de alteração das classes de uso e cobertura do solo, seguido pelas Zonas de Uso Restrito. Nas categorias de Zonas Especiais e de Zonas de Conservação as alterações são mínimas.

Com esta análise visual do mapa obtido, é possível espacializar onde ocorrem as mudanças de uso do solo no interior da APA e que, em sua maioria, acontecem em áreas planejadas e previstas para tal.

Grande parte destas mudanças ocorrem em áreas com uma intensa presença antrópica, onde acontece a substituição de uma classe por outra, como por exemplo, áreas caracterizadas por pastagens são destinadas ao plantio de culturas perenes, silvicultura, áreas construídas (ruas, chácaras, loteamentos). Em geral, os espaços ocupados por vegetação florestal natural se mantêm estáveis com presença no aumento da restauração florestal.

Figura 26 - Mapa de calor de mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.4 VALIDAÇÃO DOS DADOS DE MAPEAMENTO

Realizada a matriz de confusão, foi possível calcular a acurácia do mapa em sua totalidade, a acurácia de mapeamento que está relacionado com a inclusão, a acurácia de referência que está relacionado a omissão.

Para a acurácia global, o mapeamento teve como resultado 95% de confiabilidade no que foi produzido. De acordo com Heller & Stern (1980) apud Brito (2008) caso fosse escolhido aleatoriamente um ponto do mapa para verificação em campo, haveria 95% de chance de o ponto estar corretamente classificado em relação ao que foi mapeado, e vice-versa. O resultado se mostrou excelente, entretanto, Congalton (1991) apud Ferreira *et. al* (2007, p.892)

Alerta que, com base apenas no índice de exatidão global, as inferências feitas podem gerar equívocos e conclui que o cálculo e a análise da “user’s accuracy” confere maior significado aos dados, revelando se há confusão entre as categorias.

Ao analisar a matriz abaixo (Quadro 3), é possível visualizar que, por exemplo, no caso da classe Vegetação Florestal houveram 92 pontos coletados através das imagens de alta resolução. Destes 92 pontos, 86 estão mapeados corretamente,

coincidindo com os polígonos de Vegetação Florestal classificados durante o mapeamento. O restante destes pontos foi mapeado como outras classes do trabalho, 3 pontos foram classificados como Silvicultura, 2 pontos como Pastagem e 1 ponto como Cultura Perene. A acurácia do usuário desta classe foi de 93,48%.

Ainda neste exemplo, a acurácia do produtor resultou em 98,85% de confiabilidade, ou seja, caso fosse realizada uma visita a campo em algum ponto escolhido aleatoriamente, a porcentagem resultante seria o quão confiável deste ponto de fato corresponder a uma área de vegetação florestal (FONSECA; HERMANO; SILVA, 2016).

As classes Cultura Temporária, Áreas Construídas, Vegetação Campestre, Corpo Hídrico e Mineração obtiveram 100% de confiabilidade na acurácia do usuário, entretanto os números de amostras coletadas para estas classes são pouco representativos o que pode trazer um resultado superestimado com a realidade. O mesmo acontece nestas classes para a acurácia de referência, onde por exemplo, a classe de Cultura Temporária resultou em 60% de confiabilidade, podendo haver sua probabilidade de acerto subestimada.

Quadro 3 – Matriz de confusão do mapeamento de uso e cobertura do solo de 2019

		Pontos coletados									Total	Acurácia do Usuário
		Vegetação Florestal	Silvicultura	Pastagem	Cultura Perene	Cultura Temporária	Áreas Construídas	Vegetação Campestre	Corpo Hídrico	Mineração		
Mapeamento	Vegetação Florestal	86	3	2	1	0	0	0	0	0	92	93,48%
	Silvicultura	1	33	0	0	0	0	0	0	0	34	97,06%
	Pastagem	0	0	43	0	1	1	0	0	0	45	95,56%
	Cultura Perene	0	0	0	13	1	0	0	0	0	14	92,86%
	Cultura Temporária	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	100,00%
	Áreas Construídas	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	100,00%
	Vegetação Campestre	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	100,00%
	Corpo Hídrico	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	100,00%
	Mineração	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	100,00%
	Total	87	36	45	14	5	6	2	4	1	200	
Acurácia Referência	98,85%	91,67%	95,56%	92,86%	60,00%	83,33%	100,00%	100,00%	100,00%			
Acurácia Global	95,00%											

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

6 CONCLUSÃO

Atualmente a Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca exerce um papel fundamental para a conservação ambiental da região de Joinville. Além da proteção dos mananciais responsáveis pelo abastecimento de água do município, também contribui movimentando a economia local por conta do turismo rural por meio de suas paisagens e diferentes atrações turísticas, como por exemplo os espaços de contemplação, fabricação de produtos artesanais, pesque-pague, locais para banho de rio, trilhas, entre outros.

Neste trabalho foi possível observar que o uso do sensoriamento remoto para mapeamento e monitoramento do uso e cobertura do solo se mostrou uma ferramenta eficaz. Por meio de imagens de diferentes datas e resoluções é possível realizar diversos tipos de mapeamento para os mais variados contextos de escala e objetivos. O avanço da tecnologia e acesso à informação tem sido um grande facilitador para a produção destes tipos de análises alcançadas neste trabalho, pois todas as informações e *softwares* utilizados foram de origem gratuita.

Entre os anos de 2010 a 2019 a APA Serra Dona Francisca se mantém estável com regeneração florestal. Para a maior parte das classes, as mudanças do uso e cobertura do solo são pouco expressivas se comparadas à área total da região de estudo, entretanto, para outras classes o número é mais representativo, como no caso da classe de Vegetação Florestal que obteve a maior taxa de alteração entre 2010 e 2019 e correspondeu a um crescimento de 2,19%.

O mapeamento realizado neste trabalho também teve o papel de monitoramento da área de estudo, visto que a APA está classificada como Uso Sustentável segundo a categoria de gestão, logo, permite ocupação antrópica no seu interior, que poderá avançar ao longo do tempo gerando implicações referente ao que foi estabelecido no Plano de Manejo. Através de imagens de sensoriamento remoto de obtenções contínuas, é possível realizar um acompanhamento.

Por conta da complexidade da área com múltiplas classes de uso e cobertura do solo e pequenos padrões fundiários, a interpretação visual se mostra como uma ferramenta eficaz e confiável para o mapeamento de regiões com este tipo de comportamento. Aliado ao trabalho de campo que se mostrou fundamental para o conhecimento da área e sua dinâmica.

O uso das bandas na composição falsa cor R08G11B04 foi acertada na escolha, pois nesta composição os alvos puderam ser facilmente caracterizados e classificados de acordo com sua classe verdadeira, obtendo o resultado de 95% de confiabilidade nos dados e mapas produzidos.

Em substituição à banda 8A utilizada neste trabalho, a banda 8 também pode ser empregada para estudos nesse sentido, pois possui menor resolução espacial quando comparado à banda 8A, entretanto exige maior capacidade de armazenamento e processamento do computador.

Com os resultados obtidos neste trabalho a categoria APA, no caso da APA Serra Dona Francisca, mostra que cumpre com seus objetivos propostos desde o ano de sua criação, em 1997. Os mananciais responsáveis pelo abastecimento hídrico do município de Joinville continuam preservados, garantindo o fornecimento de água para a região. Além da regeneração florestal que ocorreu no intervalo de 2010 a 2019, protegendo os remanescentes da Mata Atlântica e sua fauna. Somado a ferramentas de gestão e planejamento territorial, como o sensoriamento remoto, a categoria se mostra efetiva no que é proposto. É de suma importância que os monitoramentos para controle da área sejam contínuos para melhor entendimento da dinâmica espacial e como a ocupação antrópica se constitui no território.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidade paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, F. F. M. de; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.28, nº 2, p.135-150, 1998.

BENSUSAN, Nurit. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 176p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html>. Acesso em: 31 maio 2021.

_____. **Decreto nº 4887, de 20 de novembro de 2003**. Regulamenta O Procedimento Para Identificação, Reconhecimento, Delimitação, Demarcação e Titulação das Terras Ocupadas Por Remanescentes das Comunidades dos Quilombos de Que Trata O Art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Brasília, 2003.

_____. **Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973**. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, 1973.

_____. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1981.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981.

_____. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). **Série Biodiversidade**. n. 1, Brasília: MMA/SBF, 2000. 32p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, lei nº 9.985, de 18 de julho de 200; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. 6.ed. um. Brasília: MMA/SBF, 2006. 56p.

BRITO, Bárbara Lis Rabelo *et al.* Pressupostos teóricos de proteção da natureza. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 7, n. 12, p. 141-147, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/2240>. Acesso em: 04 jun. 2021.

CASTRO JR, Evaristo de *et al.* Gestão da biodiversidade e áreas protegidas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; COELHO, Maria Célia Nunes (org.). **Unidades de conservação: abordagens e características geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 25-65.

COSTA, Wanderson Santos. **Segmentação de imagens de sensoriamento remoto baseada em séries temporais e DTW**. 2019. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019.

DALONSO, Fernanda. **Gestão da paisagem cultural Serra Dona Francisca: possibilidades e limites**. 2016. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Patrimônio Cultural e Sociedade, Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2016.

DALONSO, Fernanda; CARELLI, Mariluci Neis. **A gestão da paisagem cultural Serra Dona Francisca: possibilidades e limites**. Joinville: Urbem Pluviam, 2021.

European Space Agency (ESA). **A 'toast' to Copernicus Sentinel-2B as it delivers its first images**. 2017. Disponível em: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/A_toast_to_Copernicus_Sentinel-2B_as_it_delivers_its_first_images. Acesso em: 02 nov. 2020.

_____. **MultiSpectral Instrument (MSI) Overview**. Disponível em: <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; Morais, A. R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis/SC. 2007. p. 887-894.

FONSECA, Samuel Ferreira da; HERMANO, Vivian Mendes; SILVA, Alexandre Christóforo. Mapeamento do uso da terra nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha (MG) usando dados de sensoriamento remoto. *Élisée: Revista de Geografia da UEG*, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 103-119, jun. 2016. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/4195>. Acesso em: 28 mar. 2021.

Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (IPPUJ). **Joinville cidade em dados 2016**. Joinville: Prefeitura de Joinville, 2016. 158 p.

GARTNER, Carolina. **A Função Social de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável: Um Estudo de Caso na Área de Preservação Ambiental Serra Dona Francisca**. 2003. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GONÇALVES, Mônica Lopes. **Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville**. 1993. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GUERRA, Antonio José Teixeira; COELHO, Maria Célia Nunes (org.). **Unidades de conservação: abordagens e características geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 296 p.

IBAMA. **Roteiro metodológico para a gestão de Área de Proteção Ambiental, APA**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Unidades de Conservação e Vida Silvestre. Brasília. Ed. IBAMA. 2001. 240p.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed., Rio de Janeiro, 2013. 171p.

_____. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2016 - 2018**. Rio de Janeiro, 2020. 27p.

JENSEN, John. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JOINVILLE. **Decreto nº 8.055, de 15 de março de 1997**. Dispõe sobre A Criação da Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca, no Município de Joinville e Dá Outras Providências. Joinville, SC, 1997. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/decreto/1997/805/8055/decreto-n-8055-1997-dispoe-sobre-a-criacao-da-area-de-protecao-ambiental-serra-dona-francisca-no-municipio-de-joinville-e-da-outras-providencias.html>. Acesso em: 05 ago. 2019.

_____. **Lei complementar nº 495, de 16 de janeiro de 2018**. Joinville, SC, Disponível em: <http://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-complementar/2018/495/495-lei-complementar-n-495-de-16-de-janeiro-de-2018>. Acesso em: 24 nov. 2018.

_____. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca**. Joinville: Prefeitura Municipal *et al.*, 2012. 861p. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/plano-de--manejo-da-area-de-protecao-ambiental-apa-serra-dona-francisca/>. Acesso em: 24 nov. 2018.

KOEHNTOPP, Paulo Ivo. **Governança e mudança climática nas cidades contemporâneas: o caso de Joinville-SC**. 2010. 406p. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MARIMON, Maria Paula Casagrande; WILDNER, Wilson; AYALA, Lúcia. Geologia. In: SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento; ROCHA, I. O. (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina: diversidade da natureza: fascículo 2**. Florianópolis: UDESC, 2016.

MEDEIROS, Rodrigo. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 41-64, jun. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2006000100003&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 5 set. 2020.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012. 266p.

MENEZES, Sady Júnior Martins da Costa de *et al.* Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental. **Diversidade e gestão**, Três Rios, v. 1, n. 1, p. 57-69, jul. 2017. Disponível em: http://www.itr.ufrj.br/diversidadeegestao/wp-content/uploads/2017/07/05-Geotecnologias_Sady_revisado_20_05_17.pdf. Acesso em: 01 nov. 2020.

MONTEIRO, Maurici Amantino. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n.31, p 69-78, jan./jun. 2001.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. In: MOURA, Adriana Maria Magalhães de (org.). **Governança Ambiental no Brasil: Instituições, atores e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2016. p. 13-43.

OLIVEIRA, Giully de; VEADO, Ricardo Wagner ad-Vincula. Análise da paisagem geográfica, região Dona Francisca – Joinville – SC, vocação para o turismo rural. In: **Seminário nacional de planejamento e desenvolvimento**, nº 2, 2014, Florianópolis. *Anais*. Florianópolis: UDESC, 2014. p. 1-16.

OLIVEIRA, Fabiano Antonio de. **Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville**. 2006. 286 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais de *et al.* **Bacias hidrográficas da região de Joinville: gestão e dados**. Joinville: Editora Univille, 2017. 94 p.

PUREZA, Fabiana; PELLIN, Angela; PADUA, Claudio. **Unidades de conservação**. São Paulo: Matrix, 2015. 240 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento (SEPLAN). **Atlas escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991.

SCHEIBE, Luiz Fernando. A geologia de Santa Catarina - sinopse provisória. **Geosul**, Florianópolis, n. 1, jan. 1986.

SILVA, Gustavo Grein da; SOSSAI, Fernando Cesar. Caminhos contemporâneos da Serra Dona Francisca. **Anais** do I Seminário Internacional História do Tempo Presente. Florianópolis: 2011. Disponível em: <http://eventos.udesc.br/ocs/index.php/STPII/stpi/paper/viewFile/318/239>. Acessado em: 23 ago. 2020.

**APÊNDICE A - Marcos históricos relevantes para a legislação ambiental
brasileira de 1921 – 2015**

Ano	Descrição	Identificação
1921	Criação do Serviço Florestal do Brasil	Decreto nº 4.421, 28/12/21
1934	Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil	Brasil, 1934
1934	Código das Águas	Decreto nº 24.643, 10/07/34
1934	Código Florestal	Decreto nº 23.793, 23/01/34
1934	Código da Caça e Pesca	Decreto nº 23.672, 02/01/34
1964	Estatuto da Terra	Lei nº 4.504, 30/11/64
1965	Código Florestal	Lei nº 4.771, 15/09/65
1967	Proteção à Fauna	Lei nº 5.197, 03/01/67
1967	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF)	Decreto nº 289, 28/02/67
1967	Código de Pesca	Decreto nº 221, 28/02/67
1967	Código de Mineração	Decreto nº 227, 28/02/67
1973	Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA)	Decreto nº 73.030, 30/10/73
1973	Estatuto do Índio	Lei nº 6.001, 19/12/73
1980	Zoneamento Ambiental	Lei nº 6.803, 02/07/80
1981	Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)	Lei nº 6.938, 31/08/81
1985	Criação do Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente	Decreto nº 91.145, 15/03/85
1988	Constituição da República Federativa do Brasil	Brasil, 1988
1988	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	Lei nº 7.661, 16/05/88
1989	Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA)	Lei nº 7.797, 10/07/89
1989	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	Lei nº 7.735, 22/02/89

Continua

Ano	Descrição	Identificação
1990	Secretaria Nacional do Meio Ambiente	Lei nº 8.028, 12/04/90
1992	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	Decreto nº 2, 14/06/1992
1992	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Amazônia Legal (MMARHAL)	Lei nº 8.490/92, 19/11/92
1997	Recursos Hídricos	Lei nº 9.433, 08/01/97
1998	Crimes Ambientais	Lei nº 9.605, 12/02/98
1999	Ministério do Meio Ambiente (MMA)	Decreto nº 2.972, 26/02/99
1999	Educação Ambiental	Lei nº 9.795, 07/04/99
2000	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza	Lei nº 9.985, 18/07/00
2000	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação	Lei nº 9.985, 18/07/00
2000	Agência Nacional de Águas (ANA)	Lei nº 9.984, 17/07/00
2000	Prevenção, Controle e Fiscalização da Poluição causadas por Lançamentos de Óleo e outras substâncias perigosas em Águas Brasileiras	Lei nº 9.966, 28/04/00
2000	Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental	Lei nº 10.165, 27/12/00
2002	Carreira de Especialista em Meio Ambiente	Lei nº 10.410, 11/01/02
2002	Política Nacional de Biodiversidade	Decreto nº 4.339, 22/08/02
2006	Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB); cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF); altera as Leis nº 10.683, de 28 de maio de 2003, nº 5.868, de 12 de dezembro de 1972, nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências.	Lei nº 11.284, 02/03/06
2006	Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)	Decreto nº 5.758, 03/04/06
2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica	Lei nº 11.428, 22/12/06
2007	Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades	Decreto nº 6.040, 07/02/07

Continua

Conclusão

Ano	Descrição	Identificação
2007	Desenvolvimento Territorial	Decreto nº 6.047, 22/02/07
2007	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	Lei nº 11.516, 28/08/07
2008	Detalha “o que”, “como” e “onde” pode haver intervenção ou uso sustentável da vegetação nativa	Decreto nº 6.660, 21/11/08
2009	Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)	Lei nº 12.187, 29/12/09
2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Lei nº 12.305, 02/08/10
2011	Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do Art. 23 da Constituição cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Lei complementar nº 140, 08/12/11
2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências	Lei nº 12.651, 25/05/12

Fonte: Adaptado de Dalonso (2016); Moura (2016)