

Análise do uso e cobertura do solo da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca – Joinville/Santa Catarina

Nícolas de Pieri Moreira^{1*}, Orlando Ednei Ferretti².

¹Bacharel em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. (*Autor correspondente: niicolasmoreira@gmail.com)

²Doutor em Geografia, Professor no Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, na Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 20/04/2023 – Revisado em: 06/08/2023 – Aceito em: 16/09/2023

RESUMO

O artigo procura analisar espacialmente a Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca, localizada no município de Joinville em Santa Catarina. Com o sensoriamento remoto, foram utilizadas imagens orbitais de 2019 a fim de mapear 9 classes de uso e cobertura do solo: vegetação florestal, silvicultura, pastagem, cultura perene, cultura temporária, áreas construídas, vegetação campestre, corpo hídrico e mineração. O mapeamento realizado também assume papel de monitoramento da área, visto que se trata de uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável e permite ocupação humana no seu interior, logo, através dos resultados foi possível avaliar as classes de expansão e retração por meio da comparação dos últimos dados produzidos em 2010 publicados no plano de manejo. A metodologia se baseou em revisões bibliográficas relacionadas à área de estudo, uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), cálculo da acurácia global na matriz de confusão e trabalhos de campo. Os resultados obtidos mostram que a APA Serra Dona Francisca se mantém estável com aumento da classe Vegetação Florestal que expandiu 885,55 hectares, onde representa 2,19% da sua área total. Nas 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-Chaves: Área Protegida, Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca, Uso e cobertura do solo.

Analysis of land use and land cover in the Environmental Protection Area (EPA) Serra Dona Francisca - Brazil

ABSTRACT

The article seeks to spatially analyze the Environmental Protection Area (EPA) Serra Dona Francisca, located in the municipality of Joinville in Santa Catarina. With remote sensing, 2019 orbital images were used in order to map 9 land use and land cover classes: forest vegetation, forestry, pasture, perennial crop, temporary crop, built-up areas, countryside vegetation, water body, and mining. The mapping also assumes the role of monitoring the area, since it is a Conservation Unit (CU) of sustainable use and allows human occupation inside, so through the results it was possible to evaluate the classes of expansion and retraction by comparing the latest data produced in 2010 published in the management plan. The methodology was based on bibliographic reviews related to the study area, use of Geographic Information Systems (GIS), calculation of global accuracy in the confusion matrix and fieldwork. The results obtained show that the APA Serra Dona Francisca remains stable with an increase in the Forest Vegetation class that expanded 885.55 hectares, where it represents 2.19% of its total area. In the visual analysis, it was also possible to conclude that most of the changes in land use and land cover classes occur in areas intended for appropriate purposes according to the zoning established. Furthermore, it was verified that the APA Serra Dona Francisca fulfills its role of preservation of the Atlantic Forest remnants present in the area and the protection of the water springs responsible for the supply of water to the municipality of Joinville.

Keywords: Protected Area; Serra Dona Francisca Environmental Protection Area; Land use and cover.

Moreira, N. P., Ferretti, O. E. (2023). Análise do uso e cobertura do solo da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca – Joinville/Santa Catarina. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.4, n.3, p.02-12.



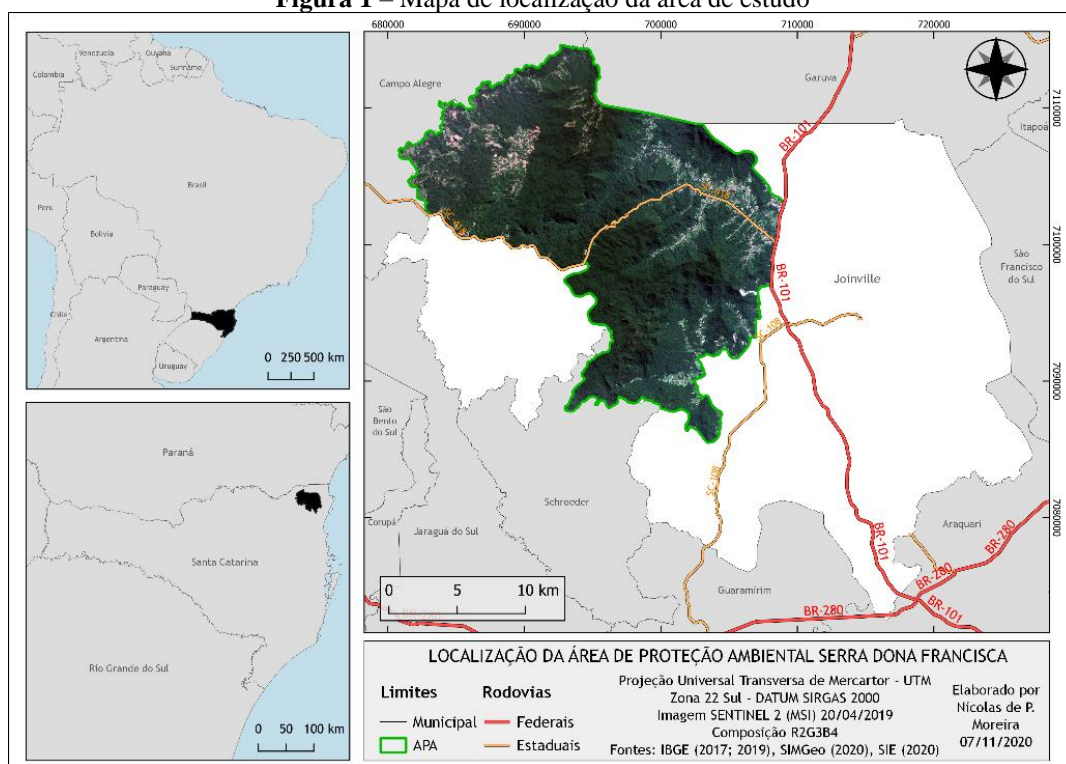
Direitos do Autor. A revista utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

1. Introdução

As áreas protegidas (Bensusan, 2006; Medeiros, 2006) têm como objetivo a preservação e conservação (Brito et al., 2015) da natureza e seus ecossistemas do avanço antrópico sob as áreas preservadas, agindo como uma ferramenta para a proteção da biodiversidade. No Brasil, houve um importante marco na legislação ambiental, em 2000, com a promulgação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), pela lei nº 9.985. De acordo com essa lei, são estabelecidos dois grupos de Unidades de Conservação (UC), sendo eles: Uso Sustentável e Proteção Integral.

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 é delimitada com a área de 40.177,71 hectares (Figura 1), equivalente a 35% do município e tem como um de seus principais objetivos a proteção dos mananciais de água, pois engloba as nascentes do Rio Cubatão e do Rio Pirai que são responsáveis pela totalidade do abastecimento hídrico 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. Por conta disso, é possível verificar presença de equipamentos e serviços turísticos como hotéis fazenda, pousadas, restaurantes, apiários, trilhas ecológicas, entre outros (Silva; Sossai, 2011).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Pelo fato da APA Serra Dona Francisca ser categorizada como uma UC de Uso Sustentável, a legislação permite a utilização de seus recursos naturais de forma sustentável:

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 conta disso é possível encontrar nos seus limites variados tipos de uso do solo como pastoreio, agricultura, indústrias, mineração e ocupação urbana.

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 de 2019 como forma de monitoramento da área. Para isso o sensoriamento remoto entra como ferramenta, permitindo mapear, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, a situação da área em diferentes datas. Somado à utilização dos dados de uso e cobertura do solo de 2010 publicados no Plano de Manejo da APA, que possibilitaram a visualização da evolução do espaço produzido no intervalo de 2010 a 2019.

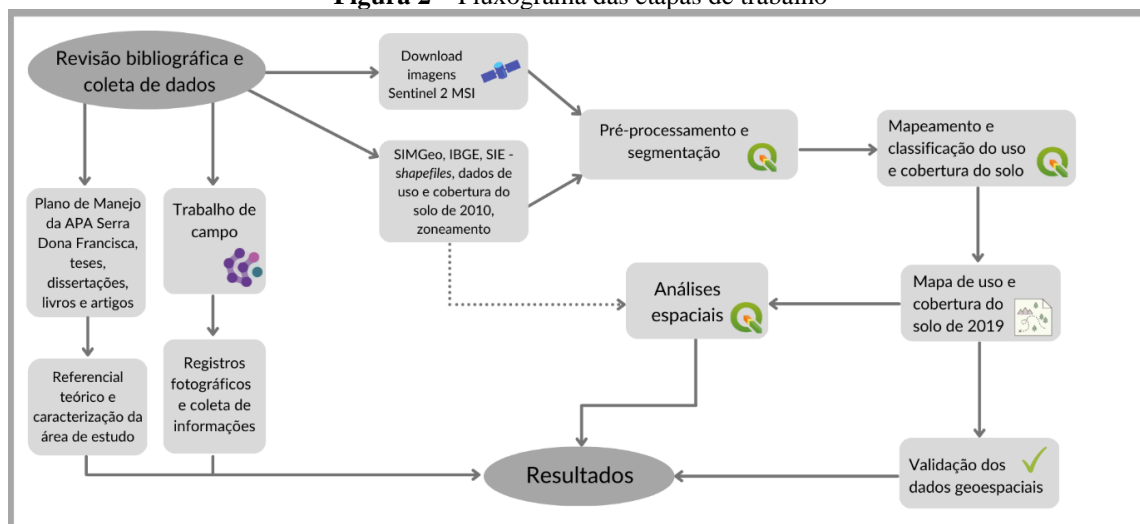
2. Material e Métodos

Além de toda a revisão bibliográfica de teses, dissertações, livros, documentos oficiais entre outros meios de consulta, os resultados alcançados só foram possíveis por conta da utilização dos dados de uso e cobertura obtidos através do plano de manejo da APA Serra Dona Francisca, publicado em 2012. O mapa de uso e cobertura do solo de 2010 foi produzido pela empresa STCP Engenharia de Projetos Ltda. que utilizou classificação supervisionada MAXVER e interpretação visual para sua produção (Joinville, 2012).

Para a realização deste trabalho também foram utilizados dados disponibilizados em bases públicas como: Sistemas de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Prefeitura de Joinville, entre outros.

Na Figura 2 é apresentado um fluxograma dos métodos de trabalho realizados nesse estudo.

Figura 2 – Fluxograma das etapas de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

As etapas que compõem o fluxograma estão mais bem detalhadas nas subseções a seguir, contemplando desde os trabalhos iniciais de seleção das imagens e dados auxiliares, pré-processamento, mapeamento, pós processamento, validação dos dados, análises espaciais e mapas gerados.

2.1. Pré-processamento e segmentação

Para gerar o mapa de uso e cobertura do solo da APA Serra Dona Francisca foram aplicadas técnicas de interpretação visual, com isso optou-se por utilizar imagens multiespectrais do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel 2. O software de código aberto QGIS versão 3.4.5 Madeira, foi utilizado para a realização de todas as etapas de mapeamento, desde a segmentação das imagens, pós-processamento até a produção dos mapas finais.

As imagens selecionadas levaram em conta alguns critérios para maior assertividade do mapa, como cobertura de nuvens e datas distintas. 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.

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 do shapefile da UC. A segmentação da imagem recortada foi realizada pela ferramenta complementar OrfeoToolbox disponível no QGIS, onde foi aplicado o algoritmo mean-shift que se baseia em regiões. Consiste no algoritmo definir 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).

2.2. Classificação do uso e cobertura do solo 2019

A partir do produto do pré-processamento, as regiões de pixels segmentadas serviram como base para classificação. Foram utilizadas as Bandas 04 (Red), 08A (Red Edge 4) e 11 (SWIR 1) na composição falsa cor R08A G11 B04 na escala de 1:15.000 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. No Quadro 1 são descritas as características consideradas neste trabalho das classes de mapeamento.

Quadro 1 – 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 caracterizadas 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.

Continua

Classes de uso e cobertura do solo	
Classe	Descrição
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.
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)

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 de interpretação visual das imagens Sentinel selecionadas, nestas imagens foram analisados elementos de reconhecimento destas classes como textura, padrão, cor, tonalidade, comportamento espectral, forma e contexto onde o alvo está inserido. Para uma classificação mais assertiva, imagens de alta resolução do Google Earth foram utilizadas como complementares à interpretação visual, eliminando eventuais dúvidas na discriminação dos alvos.

2.3. Mudanças de uso e cobertura do solo 2019 com o mapa do plano de manejo (2010) e relação com o zoneamento vigente

Realizado 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.

Com o resultado da classificação, também foi possível elaborar um mapa de calor para relacionar espacialmente todas as mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019 com as zonas de uso da UC. Nesta etapa, foi utilizado o arquivo shapefile de zoneamento, disponibilizado pelo SIMGeo. O zoneamento da APA definido no plano de manejo, delimitou a UC em áreas que o uso e ocupação antrópico do solo terão maior ou menor intensidade, levando em consideração fatores geológicos, geomorfológicos e legislativos. Foram definidas 4 zonas: Zona de Conservação – tem como objetivo manter íntegros espaços para proteger os sistemas naturais; Zonas de Uso Intensivo – áreas mais antropizadas, onde a ocupação humana é mais intensa; Zonas de Uso Restrito – funciona como zonas de amortecimento, espaço caracterizado por áreas de transição entre as Zonas de Conservação e de Uso Intensivo. Por último, as Zonas Especiais surgem pela presença de outras UCs no interior da APA Serra Dona Francisca, para permitir que as normas estabelecidas devam seguir o que é proposto pelos respectivos Plano de Manejo dessas UCs (Joinville, 2012).

Os polígonos de alterações de classes puderam ser alcançados a partir do processo de união das camadas

de uso e cobertura do solo de 2010 e 2019, com isso, utilizando a tabela de atributos foi possível verificar quais polígonos tiveram alguma alteração de classificação entre os anos. 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, com isso, cada ponto gerado equivale a alguma alteração de classe. A ferramenta do QGIS de geração de pontos no centroide do polígono desempenhou essa função.

2.4. Trabalho de campo

Foram realizados dois trabalhos de campo no interior da APA, o primeiro ocorreu no dia 08 de novembro de 2020 na trilha do Castelo dos Bugres, acessado pela SC-418 na Serra Dona Francisca. O segundo 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 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

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.

2.5. Validação dos dados

Como última etapa do processo metodológico, foi realizado a validação dos dados. Nessa etapa de validação 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. Esta matriz consiste em um determinado número de linhas e colunas que agrupam os pontos coletados neste trabalho para sua validação.

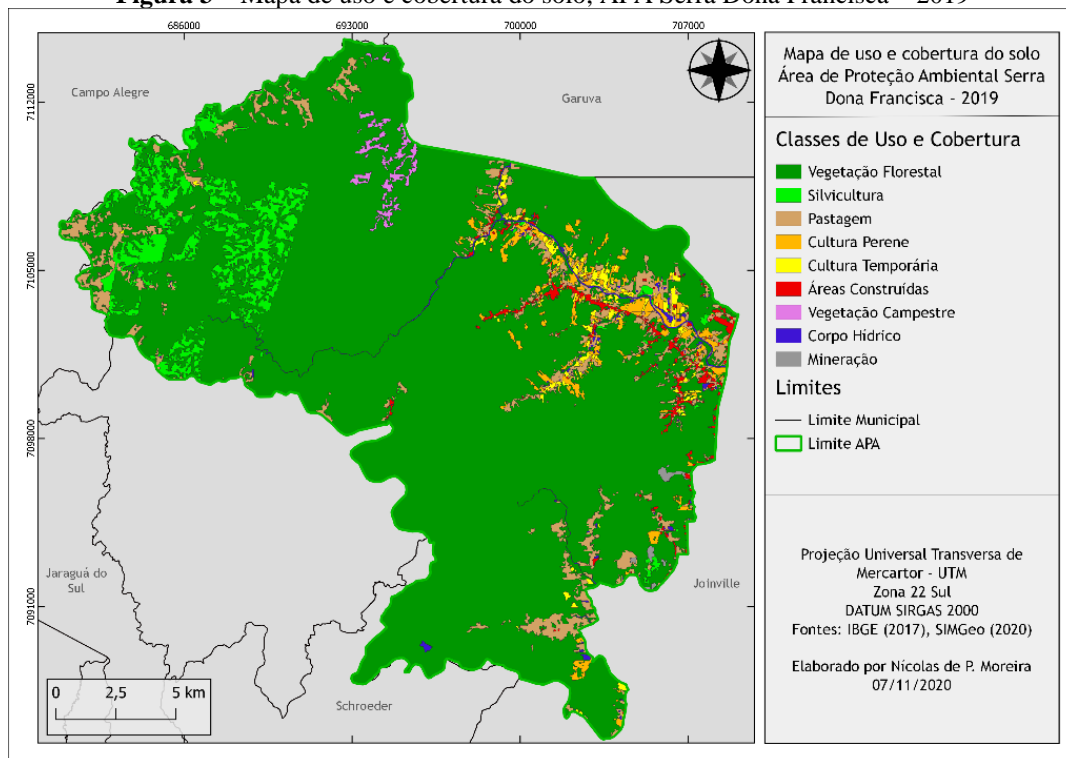
Os pontos classificados são cruzados com os resultados obtidos do mapa e a partir disso é possível obter os números de acurácia para análise (Brito, 2008). Os cálculos da matriz de confusão foram trabalhados em ambiente de planilha, onde foi calculado a acurácia global, a acurácia de mapeamento e a acurácia de referência. Através do QGIS 3.4, os pontos foram gerados aleatoriamente e classificados conforme a classe correspondente que foi visualizado nas imagens de alta resolução do Google Earth de 2019, ano de estudo do mapeamento deste trabalho.

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 et al., 1980 apud Brito, 2008).

3. Resultados e Discussão

A partir do trabalho de mapeamento referente ao ano de 2019, os dados puderam ser visualizados e distribuídos espacialmente através do mapa de uso e cobertura do solo apresentado na Figura 3. Por estar inserida num contexto de transição de áreas planas elevadas para áreas de baixa altitude, é possível perceber a influência do relevo na distribuição das classes de uso antrópico. A concentração das áreas antropizadas acontecem em regiões de planaltos à oeste e nas planícies de inundação dos rios Cubatão, Piraí e Quiriri, zonas sensíveis do ponto de vista geomorfológico suscetíveis a inundações e enchentes (Joinville, 2012).

Figura 3 – Mapa de uso e cobertura do solo, APA Serra Dona Francisca – 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os dados utilizados foram categorizados por área em hectare e sua porcentagem em relação à área total, conforme Tabela 1. 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 1 – 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 o resultado de 2019 em mãos, foi comparado com os valores para o ano de 2010, extraído do mapeamento apresentado no plano de manejo da APA Serra Dona Francisca. Após individualizar os dados de área por classe, foi possível calcular em quais classes houveram expansão e retração.

Para as classes de expansão, o destaque fica para o aumento de 2,19% de Vegetação Florestal, que corresponde a um ganho de 885,55 hectares. 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 equivocadamente 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%.

O aumento da vegetação nativa e o pouco avanço das classes antrópicas pode ser visto como positivo, porém esse cenário não se repete em algumas APAs também analisadas com sensoriamento remoto. Conforme os autores Dias, Moschini e Trevisan (2017) em seu estudo na APA Estadual do Rio Pandeiros, em Minas Gerais, no período de 1995 a 2005 houve uma perda de 44.645 hectares (cerca de 11% da área da APA) na área de vegetação nativa, associado à expansão de classes antrópicas na UC. Em outro estudo, foi analisado o uso e cobertura do solo na APA Pureza e APA Piracicaba (Vidal, 2019), também em Minas Gerais, e constatou que a urbanização teve um processo mais acelerado e desordenado, sendo possível observar a ocupação urbana em Áreas de Preservação Permanente (APP), além disso as áreas de pastagem ocupam cerca de 51% das APPs.

No estudo da APA Pureza e Piracicaba, a publicação do plano de manejo ocorreu em 2020, 1 ano após as conclusões do estudo citado anteriormente. O plano de manejo da APA Estadual do Rio Pandeiros até o momento dessa pesquisa ainda não foi publicado. Por conta da ausência do plano de manejo, pode-se inferir que o documento possui um papel fundamental para o ordenamento do solo e preservação da natureza e sua biodiversidade.

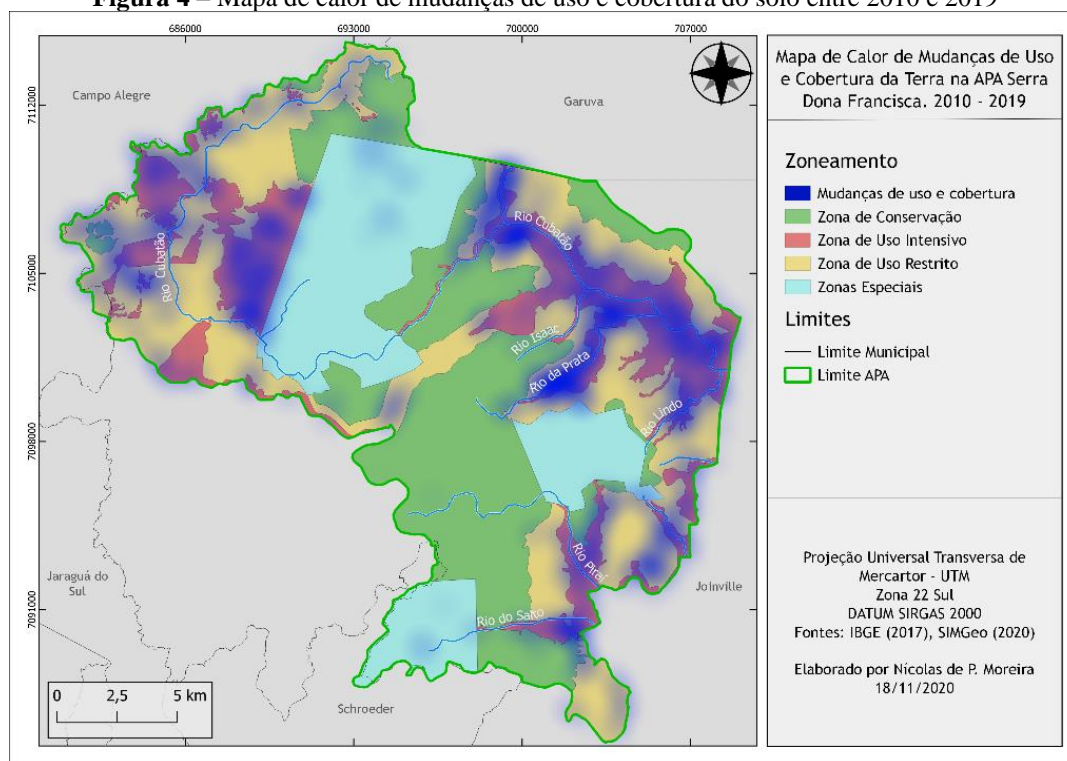
Na APA Serra Dona Francisca, o plano de manejo foi utilizado para a espacialização das mudanças de uso e cobertura do solo com o zoneamento definido, foi possível visualizar que a maior parte das mudanças entre 2010 e 2019 ocorrem em áreas estabelecidas para esse fenômeno, conforme Figura 4. As Zonas de Uso Intensivo são as áreas que concentram a maioria dos 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.

Isto condiz com as definições estabelecidas no plano de manejo da UC que por meio de estudos do solo, relevo, relevância da preservação dos recursos hídricos e o uso e ocupação da região determinou o zoneamento. Nas Zonas de Uso Intensivo estão contempladas as áreas de agricultura que utilizam um maior potencial agrícola por conta da ocorrência do solo cambissolo e baixa declividade que permite o preparo do solo sem limitações (Joinville, 2012).

Para a definição das Zonas de Conservação foram considerados fatores que necessitam de maior proteção contra a atividade antrópica. A localização das nascentes dos rios Cubatão e Pirai foram condições determinantes para a classificação de extrema importância para conservação (Joinville, 2012).

Figura 4 – Mapa de calor de mudanças de uso e cobertura do solo entre 2010 e 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Na etapa de validação dos dados, com a matriz de confusão (Figura 5), 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) 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.

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

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

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.

4. 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.

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, apenas a classe de Vegetação Florestal obteve uma taxa de alteração mais relevante entre 2010 e 2019, 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, logo, permite ocupação antrópica no seu interior, que está passível de expandir ao longo do tempo gerando consequências no ambiente natural. Através de imagens de sensoriamento remoto de obtenções contínuas é possível acompanhar a evolução da dinâmica do uso e cobertura do solo da área.

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.

5. Agradecimentos

Agradeço ao Observatório de Áreas Protegidas pelo espaço de debate e contribuições diretas para a elaboração deste trabalho. Agradecimentos à Prof^a Dra. Giully de Oliveira Batalha Silva pelas importantes conduções e ensinamentos.

6. Referências

Bensusan, N. (2006). **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 176p.

BRASIL. **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**. Diário Oficial da União, 19 de jul. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: ago. 2019. 2000.

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

Brito, A. (2008). **Acurácia e precisão do mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 110p., Brasil.

Costa, W. S. (2019). **Segmentação de imagens de sensoriamento remoto baseada em séries temporais e DTW**. Tese de doutorado - Curso de Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 127p., Brasil. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/03.29.13.33/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2020.

Dias, L., Moschini, L. E., & Trevisan, D. (2017). A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG - Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 6(2), 85-105. <https://doi.org/https://doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p85-105>. Acesso em: 25 set. 2023.

Ferreira, E.; Dantas, A. A. A.; Moraes, A. R. (2007). 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.

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

Joinville. (2012). **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca**. Joinville: Prefeitura Municipal et al. 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.

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

Silva, G. G., & Sossai, F. C. (2011). Caminhos contemporâneos da Serra Dona Francisca. **Anais do I Seminário Internacional História do Tempo Presente**. Florianópolis, SC, Brasil, 15. Disponível em: <http://eventos.udesc.br/ocs/index.php/STPII/stpi/paper/viewFile/318/239>. Acesso em: 23 ago. 2020.

Vidal, J. M. C. (2019). **Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Proteção Ambiental – APAs Piracicaba e Pureza em Itabira-MG**. Bambuí. 88p. Disponível em: <https://repositorio.bambui.ifmg.edu.br/index.php/mpsta/article/view/61/54>. Acesso em: 25 set. 2023.