

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS GERHARDT DOS SANTOS BEZERRA

ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU -
PA

CURITIBA

2021

MATHEUS GERHARDT DOS SANTOS BEZERRA

ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU -
PA

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Ambiental de 2021, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a)/Professor(a): Prof. Dra. Bruna Nascimento de Vasconcellos

CURITIBA

2021

ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU - PA

Matheus Gerhardt dos Santos Bezerra

RESUMO

A fundação das áreas protegidas se insere numa política de proteção da natureza em ambientes que passam por um processo de antropização. O intuito destas áreas é aliar a conservação de recursos naturais com crescimento sustentável. Esse estudo tem como propósito identificar a dinâmica de uso e cobertura da terra que o antropismo vem causando na paisagem do local, impactando a biodiversidade e a manutenção dos recursos naturais dos recursos na Área de Proteção Ambiental (APA) Triunfo do Xingu. Para isso, foram utilizados índices espectrais na plataforma de processamento de imagens em nuvem *Google Earth Engine* (GEE). Para o processamento foram usados mosaicos de imagens dos sensores dos satélites Landsat 5 e 8 para os anos de 2010 e 2015 e 2020. Tal sensor tem média resolução espacial de 30 metros, algo satisfatório em relação ao tamanho da área da APA. Foram criadas 4 classes: Floresta Primária, Vegetação Secundária, Hidrografia e Solo Exposto. Partindo disso, evidenciado pela classificação uma perda florestal a partir de 2010 que era 80,77% da área, em 2015 diminuiu para 78,47% e em 2020 70,47%, denotando assim o avanço do desflorestamento na área de proteção, fato que incentivou uma maior atenção do estado sobre a área com fiscalizações. Outro fato demonstrado após as análises foi o padrão de dinâmica entre as classes observadas, uma vez que certas regiões deixaram de pertencer a uma classe para compor outra, sendo assim vetores de possíveis causas foram apontados, como padrão de ocupação por habitações e facilitação de acessos.

Palavras-chave: Classificação Supervisionada. Google Earth Engine. Geoprocessamento. Desflorestamento. Análise Temporal.

ABSTRACT

The foundation of protected areas is part of a nature protection policy in environments that undergo a process of anthropization. The purpose of these areas is to combine the conservation of natural resources with sustainable growth. This study aims to identify the dynamics of land use and land cover that anthropism has been causing in the local landscape, impacting biodiversity and the maintenance of natural resources in the Triunfo do Xingu Environmental Protection Area (APA). For this, spectral indices were used in the Google Earth Engine (GEE) cloud image processing platform. For processing, mosaics of images from Landsat satellite sensors were used for the years 2010, 2015 and 2020. This sensor has an average spatial resolution of 30 meters, which is satisfactory in relation to the size of the APA area. Four classes were created: Primary Forest, Secondary Vegetation, Hydrography and Exposed Soil. Based on this, evidenced by the classification of forest loss from 2010, which was 80.77% of the area, in 2015 it decreased to 78.47% and in 2020 to 70.47%, thus denoting the advance of deforestation in the protected área, a fact that encouraged greater attention from the state on the area with inspections. Another fact demonstrated after the analysis was the pattern of dynamics between the classes observed, since certain regions no longer belong to a class to compose another, so vectors of possible causes were pointed out, such as a pattern of occupation by housing and facilitation of access.

Keywords: Supervised Classification. Google Earth Engine. Geoprocessing. Deforestation. Temporal Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Dados recentes apontam a Área de Proteção Ambiental (APA) Triunfo do Xingu como a Unidade de Conservação mais desmatada na Bacia Xingu, há mais de 10 anos a mais desmatada no território nacional. Levando em conta que a mesma já teve mais de 40% da sua área florestal convertida em outros usos, destaque principal para a pecuária impulsionando mais ainda o desmatamento, e não sendo coincidência que um dos municípios abrangido por seus limites possui o segundo maior rebanho bovino do Brasil (ISA, 2021).

O desmatamento, principalmente nos últimos anos, vem avançando de forma desenfreada, e a APA Triunfo do Xingu sempre tem seu nome atrelado às notícias acerca do desmatamento publicado em vários meios. Segundo o ISA, a conservação da natureza deve ser compatibilizada com uso sustentável dos seus recursos, sendo o principal objetivo da Unidade de Conservação.

Por ter se tornado uma região famosa pelo desmatamento, e sua forte atividade pecuária, a APA Triunfo do Xingu é uma das regiões mais monitoradas no território nacional. Sendo assim, são vários os sistemas que levantam dados acerca da dinâmica vegetal e uso do solo na área, sejam entes federais, estaduais ou pesquisadores, seja com intuito de monitorar, analisar ou fiscalizar a região.

Tais sistemas são pautados principalmente em ferramentas de geotecnologias, que de acordo com Da Silva (2006) são um conjunto de algumas áreas que podem se complementar ou gerar produtos parelhos. Dentre elas, destacam-se os Sistema de Informações Geográficas (SIG), cartografia digital, Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Sistema de Posicionamento Global, geoprocessamento e até topografia, sendo que uma pode servir de base até se chegar em um resultado ou produto conclusivo.

Todas as entidades e sistemas de monitoramento ou fiscalização, por consequência, acabam por utilizar ferramentas atreladas as geotecnologias para os seus ensaios, seja para levantamento primário de informações até para o processamento final. Gerando então os produtos bases para as análises interpretativas e tomadas de decisões que cada análise objetiva, sendo ótimas ferramentas para monitoramento de atividades urbanas e rurais, sendo ferramentas necessárias para conhecimento do espaço auxiliando no planejamento e gestão. (NASCIMENTO, 2012).

Diante disso, um dos principais meios de analisar toda a dinâmica de uso e cobertura da terra de uma região em determinado período de tempo é por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto, como a classificações de imagens orbitais. Atualmente existem diversos meios de se realizar tal análise, e uma das que tornam isso mais acessível são as realizadas em nuvem como por meio do Google Earth Engine (GEE) e programas de SIG's livres para análises posteriores.

De acordo com Meneses (2012), a definição mais popular de sensoriamento remoto é um modo de aquisição de imagens de elementos na superfície terrestre a distância entre o sensor utilizado e os elementos imaginados de interesse. Para isso, são utilizadas medições quantificáveis das respostas das interações da radiação eletromagnética com os elementos terrestres.

Partindo disso, torna-se possível a análise de cobertura da terra a partir de diversos processamentos. Dentre eles a classificação supervisionada, onde o algoritmo a partir de conhecimento prévio de dados pontos, que serão tomados como base de acordo com a característica de seus pixels, realizando assim a classificação de acordo com as semelhanças dos pixels dos pontos de referência e combinação com o restante a ser analisado (MENESES, 2012).

Retornando então dados que precisam ser quantificados e moldados da melhor maneira possível. Até se chegar em números conclusivos, tabelas, gráficos e ainda na separação em mapas temáticos, levando assim a discussão geral dos produtos gerados. Para isso são utilizadas as técnicas de geoprocessamento aplicados nos programas SIG's livres e outros programas para manipulações numéricas. Conforme Zaidan (2017), que trata geoprocessamento como como um conjunto que coleta dados e processa, gerando novos dados e ou informações espaciais ou georreferenciadas. Trabalhando então com dados e relacionando com sua localização no espaço.

Partindo de todos esses elementos, tomando como local de interesse a APA por suas características já apontadas de ocupação, relacionando com ferramentas de geotecnologias e todos os processos para geração de dados, a presente análise buscou realizar a produção e discussão de características da cobertura da terra entre 2010 e 2020.

2 MATERIAL E MÉTODOS

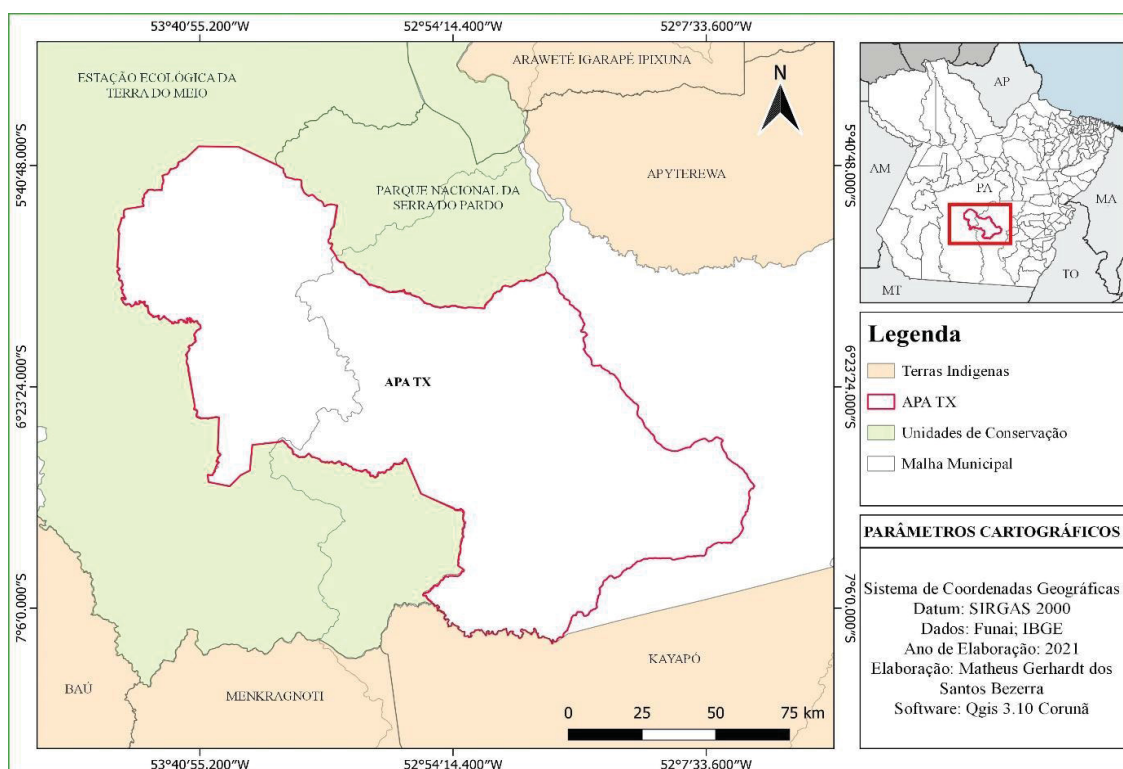
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de interesse é a Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (APA TX), com coordenadas centrais de Latitude: $-6^{\circ} 25' 9.66''$ e Longitude: $-53^{\circ} 0' 10,69''$. Situada no encontro dos municípios de Altamira e São Félix do Xingu, abrangendo a região central do estado do Pará, recobrando então parte da mesorregião sudeste e sudoeste (Figura 1).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), uma APA pode ser tida como uma área com certo grau de ocupação humana, tendo ainda características bióticas, abióticas e culturais relacionadas a qualidade de vida e bem-estar da população. Objetivando proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade no uso de recursos naturais. (BRASIL, 2000)

Com mancha urbana mais próxima de acesso sendo São Félix do Xingu, que dá acesso à mesma através da travessia de balsa sobre o Rio Xingu.

Figura 1 – Mapa de Localização da APA Triunfo do Xingu



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A APA foi criada em 2006, a partir do decreto estadual nº 2.612 foi criada a APA TX, composta por uma área equivalente a 1.679.280,52 ha, sendo que, 1.102.779,30 ha se situam no município de São Félix do Xingu e 576.501,22 ha

fazendo parte do município de Altamira. Esta UC faz parte de um aglomerado de áreas protegidas da Terra do Meio, agregado por UCs Federais e estaduais e terras indígenas na região do Xingu. (SEMAS,2021)

Tendo como limites o Parque Nacional da Serra do Pardo ao norte, Estação Ecológica da Terra do Meio a oeste, a Terras indígenas ao Sul, além de ser bordado a sudeste, leste e nordeste pelo Rio Xingu, que é o principal meio de acesso a APA, já que a maior parte vem da sede municipal de São Félix do Xingu, travessia de balsa que dura em média 25 minutos.

Sendo assim, a APA TX chama atenção por diversos fatores, sendo o principal a conhecida mudança do tipo de uso da terra desde o início da ocupação, tal fato chama atenção por ser uma das regiões que sempre encabeçam índices de desmatamento, além de conhecidamente ganhar notoriedade entre os maiores produtores de pecuária e ser conhecida por abrigar áreas com características garimpeiras.

2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Visando a realização da classificação supervisionada referente a área da APA TX, tornou-se de fulcral importância a obtenção de dados da mesma. Para isso, foi adotado um método principal de recobrimento completo da área de aquisição de informações de maneira remota, sendo assim a aquisição de dados teve como base produtos de sensoriamento remoto de um dos sensores mais utilizados para pesquisas e análises referentes à dinâmica de cobertura do solo, o Landsat 5/TM e Landsat 8-OLI-TIRS.

Diante disso, foram utilizados mosaicos de imagens orbitais, relativos a intervalos temporais de 5 anos, a partir de 2010. As imagens usadas foram da família de satélites Landsat com seus respectivos períodos de aquisição, além da utilização de filtros de nuvens para a criação de mosaicos

Um ponto a ser destacado foi que no ano de 2010 a incidência de nuvens na área de interesse foi moderada, possibilitando a aplicação de um filtro de nuvens de 10%, ou seja, houve influência na classificação de algumas áreas e para os anos de 2015 e 2020 o filtro aplicado foi de 5%, induzindo pouca ou nenhuma interferência de nuvens na região, e para isso os sensores utilizados são apresentados no Quadro 01.

Quadro 1- Satélites e anos de aquisição de mosaicos:

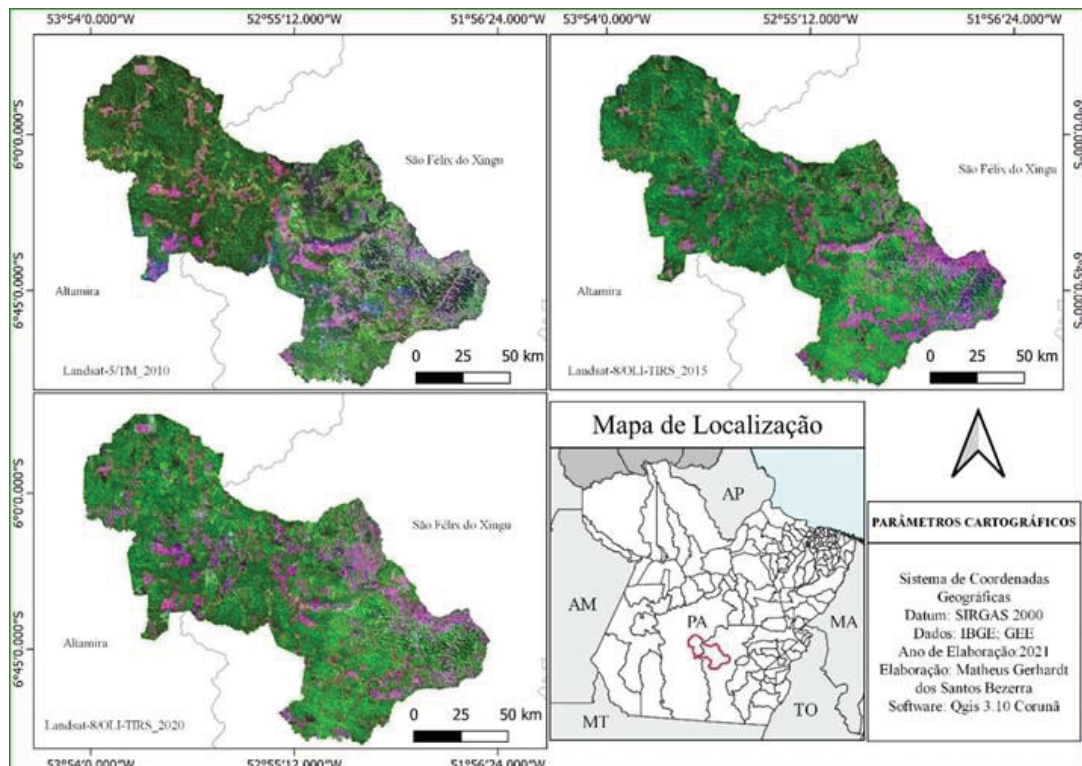
Sensor	Ano
Landsat 5/TM	2010
Landsat 5/TM	2015
Landsat 8-OLI-TIRS	2020

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Partindo disso, as imagens Landsat são providas de uma plataforma desenvolvida pelo Google, denominada Google Earth Engine (GEE), sendo ela atualizada diariamente pelo próprio Google com os produtos advindos do catálogo de imagens da United States Geological Survey (USGS), este fornece ao mundo as imagens Landsat de maneira gratuita. O que o transforma em um ambiente de alto poder de processamento em nuvem, operado por comandos de linguagem computacional voltados a análises de ocupação do solo (GORELICK *et al.*, 2017).

Os mosaicos foram então confeccionados operando a partir da nuvem e usando as imagens fornecidas pela mesma, onde chegou-se aos mosaicos base para a classificação supervisionada referentes aos anos de 2010, 2015 e 2020. Como apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Mapa dos mosaicos de imagens de 2010, 2015 e 2020 analisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

2.3 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Para a manipulação e processamento dos dados obtidos também foi escolhida a plataforma GEE, para isso foi feito o uso do Code Editor do GEE, onde foi compilado um script desenvolvido em linguagem de programação JavaScript, tendo como base fundamentos do sensoriamento e aplicações de filtros e operações de bandas relativos ao mesmo.

Partindo para a avaliação da cobertura da terra nos anos de análise, foi utilizada uma classificação multitemporal com as imagens referenciadas e com correções geométricas e atmosféricas. Logo, no script usado aplicou-se o algoritmo *Random Forest* que por Breiman (2001), é um tipo de classificador de árvore de decisão, onde através de um treinamento é realizada a classificação por índices estatísticos.

Tal treinamento pode-se dizer que foram os intervalos espectrais entre classes escolhidas, possibilitando a aplicação e implementação do script adaptado para a classificação, pois ao ler cada área identificava cada classe como alternativa até achar a correspondente e indicar o cenário a qual se encaixava.

Para esse processamento foram utilizados como parâmetros as informações espectrais contidas nas imagens a fim de realizar a classificação supervisionada na área. Para isso optou-se pelo uso de índices espectrais especiais, tendo como principal objetivo destacar características distintas do espectro obtido.

O índice espectral usado nessa análise foi o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), por ser um índice característica para destaque da vegetação e seus tipos. Sendo assim possibilitou a classificação de 4 tipos de uso do solo: vegetação densa, vegetação secundária, solo exposto e água. Tal índice é um dos mais usados em trabalhos de análise de ocupação do solo com foco principal a vegetação, visto que, o mesmo tem destaque para a região de espectro eletromagnético do infravermelho, e oferece informações sobre evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996), tendo sido aplicada a seguinte fórmula para a execução:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Onde: NIR = infravermelho próximo e RED = banda situada no vermelho.

Para a configuração de resultados em diversas maneiras visuais e exatas, foram pré-determinadas classes para cada característica de acordo com a resposta espectral do sensor, além dos índices aplicados. Sendo assim foram escolhidas 4 classes que abrigam uma certa faixa do espectro caracterizando cada uma um tipo de cobertura, essas classes e suas características encontram-se na Tabela 1 a seguir:

Tabela 01 - Características das classes de uso e cobertura da terra

Classe	Características
Floresta	Área de floresta primária, não alterada, composta por árvores de grande porte.
Vegetação Secundária	Área de floresta secundária, alterada. Áreas que, sofrem supressão parcial da vegetação florestal, encontram-se em processo de uso e/ou regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea, gramíneas.
Hidrografia	Águas superficiais que formam espelhos d'água.
Solo Exposto	Áreas de uso do solo podendo ser capoeira, usado para plantação, área urbana e rochas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para quantificação e representação espacial utilizou-se um software livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG), e os resultados foram exportados e geraram vetores com informações tabuladas acerca de cada iteração, possibilitando assim o uso de dados tabulares para análise em Excel e apresentados em forma de quadros.

O parecer da qualidade das classificações supervisionada foi feito através do uso de uma matriz de confusão para o cálculo de índices de concordância (exatidão global e índice Kappa). Os resultados serão denotados na forma de mapas e tabelas que demonstram a credibilidade para a análise feita.

Diante disso as análises da autenticidade dos mapeamentos foram executadas de acordo com as seguintes etapas: disposição aleatória das amostras no mosaico das imagens de satélite da composição colorida, verificação da exatidão por meio do uso da matriz de confusão para o cálculo do índice de concordância e visitas *in situ* para aferição da qualidade dos mapeamentos.

Consequente, foram distribuídos 200 pontos de forma aleatória sobre a área de estudo, buscando utilizar os pixels mais puros possíveis a fim de validar as informações apresentadas pela classificação.

A exatidão Global é uma resolução simples de verificação que associa os elementos da diagonal principal da matriz de confusão, que equivale ao número de amostras classificadas corretamente n_{ii} , pelo número total de amostras coletadas (HELLDEN; STERN, 1980). Sendo dada pela expressão:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ii}}{N}$$

Onde: M é o número de categorias informacionais presentes na matriz de confusão; n_{ii} referem-se aos elementos da diagonal principal, ou seja, elementos classificados corretamente; e N o número total de amostras coletadas.

Enquanto que o índice Kappa é uma medida de concordância que fornece uma ideia do quanto às observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando-nos assim o quão verdadeiras são as interpretações das amostras coletadas, é calculado com base em uma matriz de erros e, é utilizado como medida de concordância entre o mapa e a referência adotada para a estimativa da exatidão (COHEN, 1960). O Índice Kappa é expresso por:

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}$$

Em que: P_0 é a exatidão global; P_c é a proporção de unidades que concordam por casualidade.

Com base nos resultados apresentados, Landis e Koch (1977) agregam valores do Índice Kappa à qualidade da classificação de acordo com a Tabela 2 a seguir:

Tabela 02 - Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa

Valores do Índice Kappa	Qualidade da Classificação
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

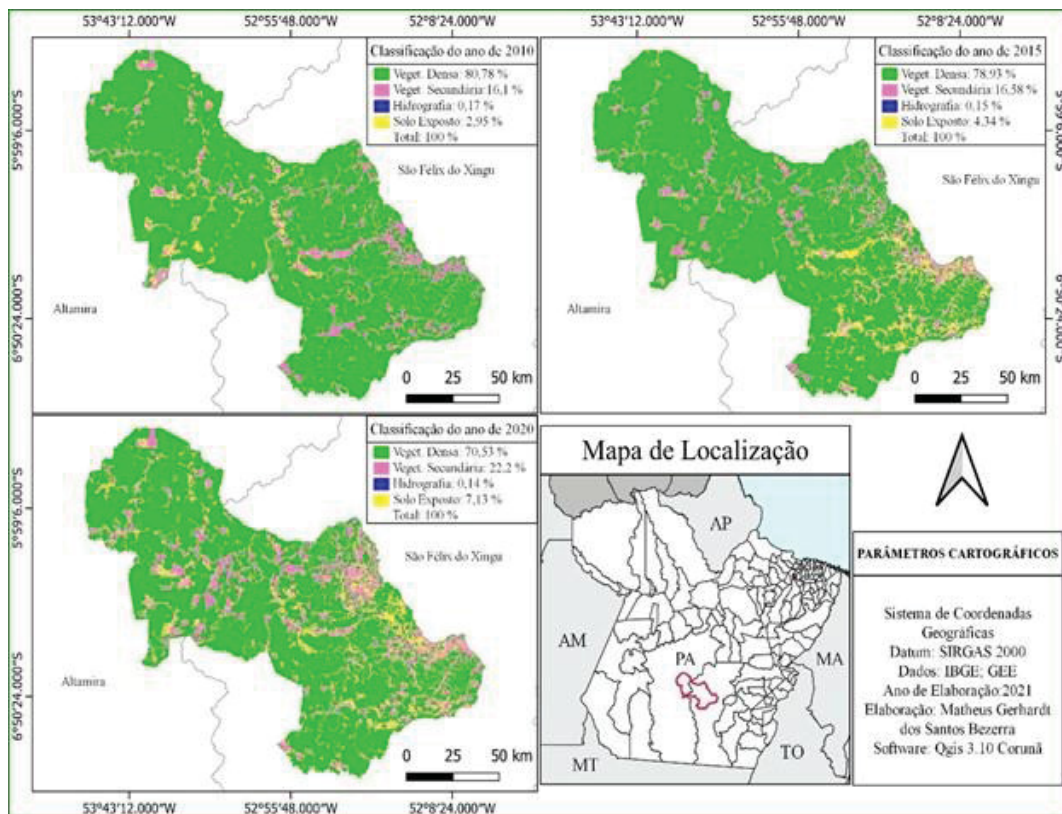
Fonte: LANDIS; KOCH (1977). Adaptado pelo autor (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aquisição das respectivas imagens de cada ano de interesse, e a execução do script que possibilitou a classificação na plataforma GEE, cada classe pôde ser classificada de acordo com sua característica.

Diante disso, por meio da análise de classificação geraram-se os mapas de análise multitemporal representados na Figura 3, sendo o produto bruto dessa análise. Base para as classes resultantes foram categorizadas e apresentadas de forma visual com seus respectivos percentuais de cobertura ano a ano.

Figura 3 – Mapa de mosaico de classificação dos anos 2010, 2015 e 2020



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Outras análises de geoprocessamento foram realizadas com os resultados obtidos. Após a análise em ambiente GIS dos dados vetoriais gerados. Pôde-se quantificar, em relação a classificação supervisionada gerada, o valor em hectares (ha) e seu percentual de significação em relação ao território da APA. A quantificação é apresentada nos QUADROS 2, 3 e 4 a seguir:

Quadro 2 - Área das classes mapeadas em porcentagem em (ha) e em (%) em 2010:

Classes	Área em (ha)	Área em (%)
Floresta:	1.359.687,02	80,77
Vegetação Secundária:	271.198,02	16,11
Hidrografia:	2.846,86	0,17
Solo Exposto:	49.638,10	2,95
Total:	1.683.370,00	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 3 - Área das classes mapeadas em porcentagem em (ha) e em (%) em 2015:

Classes	Área em (ha)	Área em (%)
Floresta:	1.321.154,00	78,47
Vegetação Secundária:	277.678,00	16,50
Hidrografia:	1.959,70	0,12
Solo Exposto:	82.578,30	4,91
Total:	1.683.370,00	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 4 - Área das classes mapeadas em porcentagem em (ha) e em (%) em 2020:

Classes	Área em (ha)	Área em (%)
Floresta:	1.186.260,00	70,47
Vegetação Secundária:	374.659,00	22,26
Hidrografia:	2.352,00	0,14
Solo Exposto:	120.099,00	7,13
Total:	1.683.370,00	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

As informações trazidas nos Quadros 2, 3 e 4 evidenciam a redução da classe Floresta, conseqüente aumento das classes Vegetação Secundária e Solo Exposto. Mostrando uma queda de 2,30% entre 2010 e 2015, e uma queda mais acentuada ainda de 8% entre 2015 e 2020. Totalizando uma perda de 10,30% de área que deixou de ser Floresta primária na APA Triunfo do Xingu entre os anos 2010 e 2020, o que corresponde a cerca de 173.387,11 ha.

Fato que já pode ser usado para reafirmar ISA (2021), que fala que nos últimos 10 anos a perda de cobertura vegetal na APA foi muito grande, uma vez que 40% da área verde já deixou de ser floresta, após o decreto de criação da APA em 2006, para dar espaço a outros usos da terra.

Outro fato a ser destacado, além de apenas a alteração do uso da cobertura do solo, é pontuar acerca do avanço do uso do fogo na APA. Sendo que em 2020 foi

registrado o ápice de área queimada, em um período compreendido partindo de 2016, chegando a haver fogo em 33,43% da área da APA, causando efeitos à saúde da população local, tratado como desastres ambientais por serem recordes de queimadas. Uma vez que o uso do fogo pode estar associado com os elevados índices de desmatamento, pois geralmente é método utilizado para “limpar” a terra para o emprego de várias atividades rurais (WWF, 2020).

Partindo disso, além da quantificação das áreas que deixaram de ser Floresta Primária, foi analisado a dinâmica ocorrido nesse período. Permitindo assim, mostrar que a maior parte das áreas que se tornaram Solo Exposto da APA, entre 2010 e 2020, concentra-se nas regiões mais próximas nordeste e leste. Porém de forma total foram quase 112 mil ha que deixaram de ser floresta primária em 2010 e passaram a ser solo exposto em 2020.

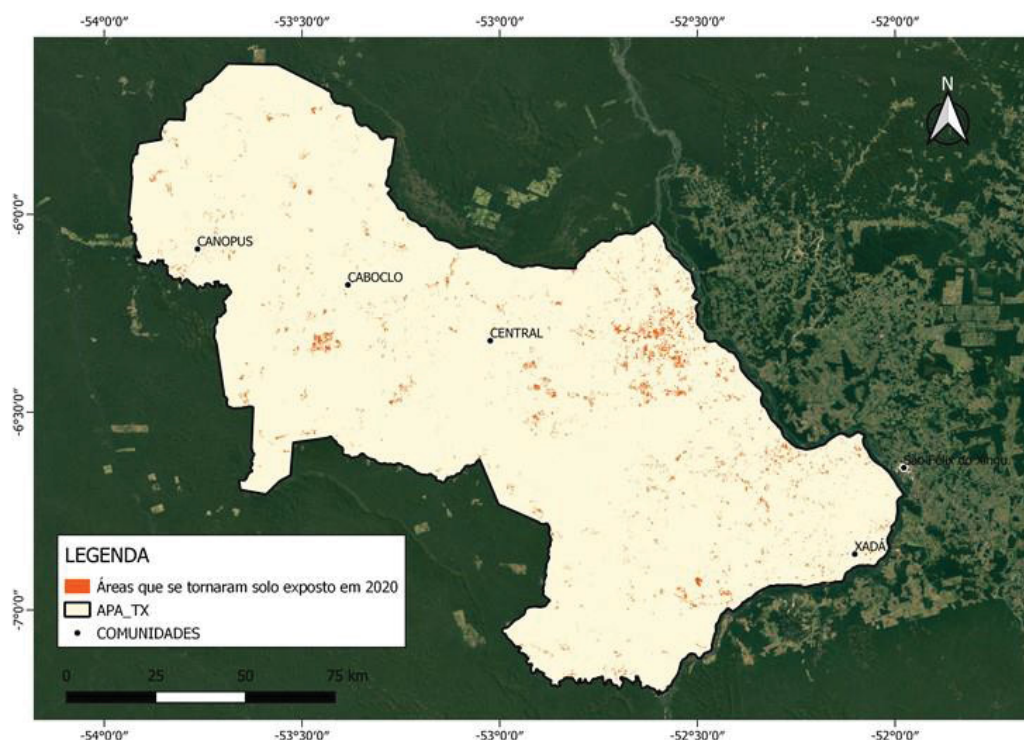
Tal fato pode ser ilustrado na Figura 4, onde é especializado esses quase 112 mil ha, algo que chama atenção da concentração desses pontos é que nessas regiões apontadas como as que mais mudaram são as de mais fácil acesso da APA, uma vez que a malha viária vinda da cidade se inicia entre leste e nordeste.

As demais áreas também são abrangidas pela facilidade de acesso que vem crescendo, uma vez que a malha viária acompanha a transformação de florestas em solo exposto, fato esse que acompanha o avanço de atividades agropecuárias, especialmente a pecuária nos últimos 10 anos, e para isso a necessidade de áreas limpas para pasto cresce, além do crescimento de núcleos urbanos, também apontados a seguir

Fato já observado por Pinho (2017), que mostra a conversão de desflorestamento em outros usos como pastagem, concentrando-se na parte leste, mais próximo ao município de São Félix do Xingu. Onde foram identificadas grandes manchas de ocupação humana, motivadas em parte pela migração para acesso aos garimpos na porção leste da APA.

Onde a época da análise de Pinho (2017), a área oeste ainda se encontrava mais preservada do que a presente, e ressaltando que nos dias atuais a área oeste já se encontra com áreas antropizadas pelos garimpos, destacando a Vila Canópus, conhecida por ser uma vila formada por garimpeiros da região, distante a mais de 150 KM do núcleo de São Félix do Xingu, mas pertencente a Altamira.

Figura 4 – Mapa da área modificada entre 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A preocupação em relação a diminuição de áreas de floresta primária, não só para dar espaço a solo exposto, mas como a vegetação secundária também, preocupa, pois está diretamente relacionada ao avanço do antropismo e atividades fiduciárias, atreladas ao cada vez mais intenso processo de ocupação do que deveria ser uma área Ambiental protegida. Diante disso os governos, especialmente o estadual vem tentando controlar esse fenômeno.

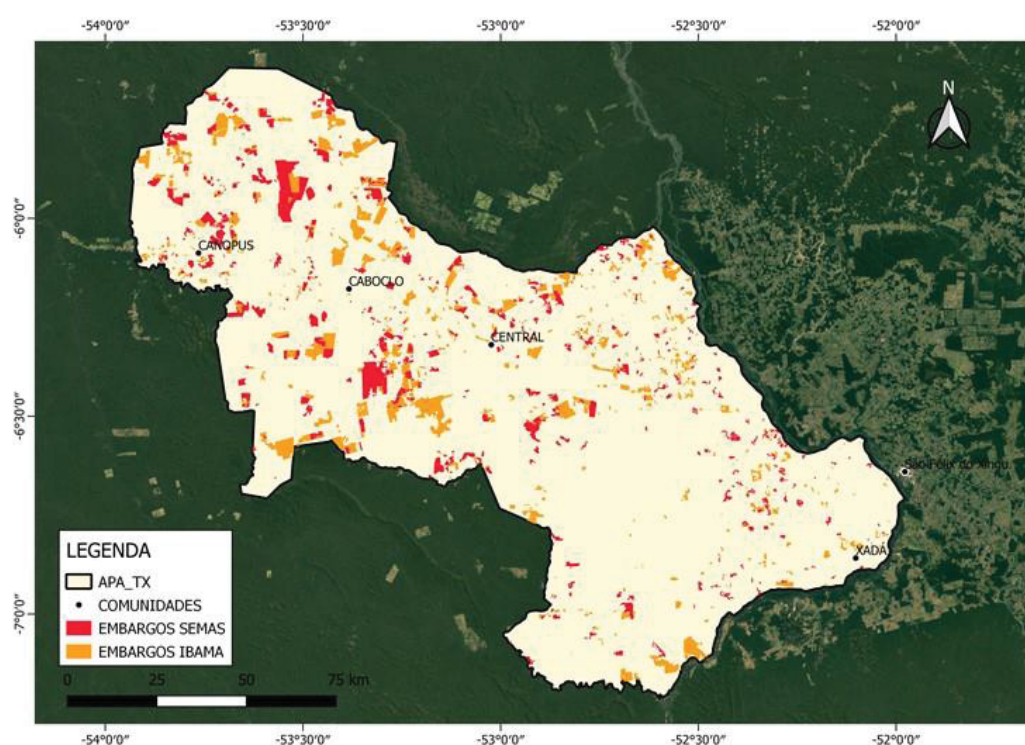
Para isso, o governo do estado do Pará vem realizando intensas fiscalizações de campo, especialmente a partir de junho de 2020, quando se iniciou a Operação Amazônia Viva que hoje está em sua décima nona fase e vem fiscalizando áreas que foram alvos de desmatamento ilegal, atividade garimpeira e outros ilícitos ambientais, sendo uma operação conjunta de vários Órgãos estaduais que buscam coibir toda a cadeia produtiva de ilícitos ambientais, tal operação vem trazendo bons números de apreensões de maquinários e diminuindo o desmatamento sempre que possível.

Os dados acerca da Operação apontam que até a décima oitava fase onde foram embargados mais de 270 mil há de áreas com desmatamento ilegal em todo o estado. A operação faz parte do programa Comando e Controle, um dos eixos do Plano Estadual Amazônia Agora (PEAA), a política ambiental do Estado instituída em

2019. Sendo responsável ainda por apreender 12 mil metros cúbicos de madeira e apreender 126 tratores e 344 motosserras ilegais. (SEMAS, 2021)

Esse trabalho alimenta a Lista de Desmatamento Ilegal (LDI), que é responsável por analisar as áreas desmatadas e gerar base para processos punitivos e embargos de áreas com ilícitos. Sendo assim, todas as áreas que foram fiscalizadas e comprovadas os ilícitos são disponibilizados em formato vetorial ao público. Diante disso pôde-se analisar também a concentração de áreas já embargadas na APA, não só pelo LDI estadual como também as áreas com processo do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), tais embargos são especializados no Mapa de embargos representado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de Embargos LDI e IBAMA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Sendo assim, em dados públicos de áreas embargadas por tais entidades temos um total de 103.248,60 há de áreas embargadas pelo LDI e 151.712,00 ha embargados pelo IBAMA de forma oficial em suas plataformas públicas. Porém tais números tendem a serem atualizados, uma vez que os balanços de operações recentes denotam grandes áreas fiscalizadas, mas que levam tempo para serem gerados processos e irem a plataforma pública.

Em relação aos índices de concordância usados foram a Exatidão Global e o Índice Kappa, apresentado para essa análise no Quadro 5.

Quadro 5 - Resultados dos índices de concordância para os mapeamentos

ANO	Exatidão Global	Índice Kappa
2010	88%	62 – Muito Boa
2015	89%	75 – Muito Boa
2020	89%	79 – Muito Boa

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Considera-se ser um padrão de qualidade acerca da classificação caracterizado como muito boa nos 3 anos analisados, além de uma exatidão global satisfatória. Ressaltando que o ano de 2010 destoa um pouco acerca do índice Kappa, por conta de as melhores imagens para o período utilizado serem compostas por alguns ruídos, tais foram corrigidos da melhor forma possível na plataforma GEE, afim de haver interferência mínima e mesmo assim ser classificado com índice Kappa muito bom.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, a atual análise pôde classificar de forma satisfatória, segundo o índice Kappa apresentado, a área pertencente a APA TX entre os anos 2010, 2015 e 2020, mostrando assim a capacidade de geração de produtos para diversas análises que o sensoriamento remoto e seus derivados das geotecnologias possuem.

Possibilitando assim a notoriedade do avanço da perda de cobertura vegetal da área que foi convertida em outros usos de terra, como já citados em outros trabalhos e que vem gerando atenção para tomada de medidas de políticas públicas, sobretudo da fiscalização ambiental.

Considera-se que é necessário o melhor entendimento da dinâmica ocupacional da APA TX, e assim organizar da melhor forma possível a sua dinâmica de ocupação. Para isso não bastam apenas políticas e fiscalização de ordenamento ambiental, mas também é necessário um conjunto de políticas fundiárias para ordenamento e legalização agrária dos ocupantes, e fazer com que tudo isso se cumpra, caso contrário boa parte do patrimônio natural da APA se perderá.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm Acesso em: 29 jul. 2021.

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 05-32, 2001.
DA SILVA, José Borzachiello; LIMA, Luiz Cruz; ELIAS, Denise. **Panorama da geografia brasileira**. Annablume, 2006.

Gorelick, N; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S; Thau, D.; Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18-27, 2017.

HELLDEN, U.; STERN, M. Evaluation of Landsat Imagery and Digital Data for Monitoring Desertification Indicators in Tunisia. Proc. 14th. Int. **Symposium on Remote Sensing of Environment**, p. 1601-1611, 1980.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL E DA BIODIVERSIDADE DO PARÁ - IDEFLOR-BIO. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/unidades-de-conservacao/regiao-administrativa-do-xingu/apa-triunfo-do-xingu/>. Acesso em: 29 jul. 2021.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA. *Xingu sob Bolsonaro: Análise do desmatamento na Bacia do Xingu*. ISA, 2021.

Jensen, J. R. (1949) Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres / tradução José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos. SP. 2009

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977.

MENESES, P.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

NASCIMENTO, Heloísa Rodrigues; DE ABREU, Yolanda Vieira. **Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia**. EUMED. NET, 2012.

PINHO, Bianca Caterine Piedade; PINHO, Beatrice Christine Piedade; GOMES, Debora Oliveira. Territórios desprotegidos e as Novas Fronteiras dos Recursos Naturais na Amazônia: Uma Análise dos Vetores de Pressão Antrópica na APA Triunfo do Xingu. **Revistas Contribuciones las ciencias sociales**, 2017.

SEMAS, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/areas-protegidas/area-de-protecao-ambiental-triunfo-do-xingu-apa-tx/apresentacao/>. Acesso em 13 dez. 2021.

SEMAS, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/33831/>. Acesso em 13 dez. 2021.

ZAIDAN, Ricardo Tavares. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE BRASIL (WWF BRASIL). **Amazônia, desmatamento e queimadas**: um novo desastre em 2020. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/amazonia_desmatamento_e_queimadas_uma_nova_tragedia_em_2020/. Acesso em: 10 jan 2022.