



Universidade Federal do Amapá  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



KLAUTON VIEIRA RODRIGUES

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE  
SOCIOAMBIENTAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ, EM  
MACAPÁ/AP

MACAPÁ

2022

KLAUTON VIEIRA RODRIGUES

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE  
SOCIOAMBIENTAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ, EM  
MACAPÁ/AP

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós- Graduação em Ciências Ambientais  
- PPGCA (Mestrado) da Universidade  
Federal do Amapá como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em  
Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daginete Maria  
Chaves Brito.

MACAPÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

---

R696 Rodrigues, Klauton Vieira.

Sensoriamento remoto como ferramenta de análise ambiental na área de proteção ambiental rio Curiaú, Macapá/AP / Klauton Vieira Rodrigues. Macapá, - 2022.  
1 recurso eletrônico. 69 folhas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Macapá, 2022.

Orientadora: Daginete Maria Chaves Brito.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Sensoriamento remoto. 2. NDVI. 3. Áreas Protegidas. I. Brito, Daginete Maria Chaves, orientadora. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 526

---


# KLAUTON VIEIRA RODRIGUES

## SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ, EM MACAPÁ/AP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovada em 21 de novembro de 2022.


### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 DAGUINETE MARIA CHAVES BRITO  
Data: 31/01/2023 20:19:53-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daguiete Maria Chaves Brito - Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)

**Assinado Eletronicamente**

Prof. Dr. Daímio Chaves Brito – Universidade do Estado do Amapá (UEAP)

Documento assinado digitalmente  
 GENIVAL FERNANDES ROCHA  
Data: 31/01/2023 22:12:57-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Genival Fernandes Rocha - Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)

**Assinado Eletronicamente**

Prof. Dr. Márcio Moreira Monteiro - Universidade do Estado do Amapá (UEAP)



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus por nunca me desamparar, sou grato a minha Mãe Maria do Socorro que é um exímio exemplo de perseverança, amor que sempre posso confiar. Meus irmãos Kleiton e Kathleen Vieira que compartilho os meus bons e maus momentos, assim como busco aconselhamentos em cada passo que dou.

Sou grato a minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daguinete Brito que sempre se disponibilizou auxiliarme e corrigir pacientemente os meus equívocos na jornada da pós-graduação. Ao meu coordenador Dr. Alexandro por sempre ajudar da melhor forma possível todos os mestrandos, inclusive a mim. A CAPES - PDPG Amazônia Legal pela oferta da bolsa de Pós-graduação, sem ela dificilmente eu teria chegado até onde cheguei.

Agradeço também ao meu Pai Nivaldo Quaresma, apesar da ausência em boa parte da minha vida, me inspirou em seus princípios que hoje considero a maior herança que alguém pode receber.

Gratidão às minhas amigas Nayara e Socorro Souza pelo amparo e os cuidados fundamentais em minha recuperação da Covid-19 por duas vezes consecutivas. Jamais esquecerei o que fizeram por mim e espero retribuir tamanha generosidade.

Se você deseja mudança, seja a mudança,  
se você deseja um milagre, seja o milagre.  
A felicidade está em nós, pois Deus está  
conosco (Alexandre Pantoja, 2008).

## RESUMO

RODRIGUES, V. K. **Sensoriamento remoto como ferramenta de análise ambiental em uma Área de Proteção Ambiental no município de Macapá - AP.** 70 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2022.

A Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú é uma unidade de conservação que está ambientada em uma região que oferece diversos recursos ecossistêmicos para a população local e visitantes. Apresenta beleza cênica singular e espaço de diversidade florísticas e faunísticas importante para a sustentabilidade da biodiversidade. Em seus limites se encontra, também, populações que são descendentes de negros escravizados e a maior representação desta condição foi a criação de um Território Remanescente de Comunidade Quilombola, denominado, também, de Curiaú. Por meio de pesquisas bibliográficas foi levantado que a área possui um plano de manejo não oficializado pelo Cadastro Nacional de Unidades de Conservação e com dados ultrapassados, demonstrando que a localidade não possui uma estratégia que norteie ações e programas que permitam a melhor exploração da natureza de forma sustentável. A premissa principal da pesquisa foi de analisar a cobertura vegetal e o nível de exposição do solo no período de 1991 a 2022, com a utilização de imagens de satélite em conjunto com técnicas de sensoriamento remoto, aplicando especificamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. A base de aquisição de dados de satélite foi o Serviço Geológico dos Estados Unidos de forma totalmente gratuita. Assim, foram selecionados os dados do satélite Landsat e Sentinel 2. Posteriormente as informações foram importadas para o Qgis versão 3.22.2, nele se aplicou tratamento das cenas de satélite, cálculo de NDVI, mensuração das áreas de cobertura vegetal e de solo degradado. Os resultados mostraram períodos de redução da atividade fotossintética, contudo, houve épocas de evidente recuperação do ambiente, em especial no ano de 2022. Os mapas temáticos corroboram com as pesquisas realizadas na área e evidenciam um comportamento cíclico dos NDVI influenciados pelas alterações ambientais sofridas pela população residente como o desenvolvimento da monocultura da soja na savana amapaense. A climatologia da capital amapaense também afetou os dados de NDVI, ou seja, índices de NDVI mais elevados nas estações chuvosas e menos expressivos nos períodos de estiagem em Macapá.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, NDVI, Áreas Protegidas.

## ABSTRACT

RODRIGUES, V. K. **Remote sensing as a tool for environmental analysis in an Environmental Protection Area in the municipality of Macapá - AP.** 70 f. Dissertation – Postgraduate Program in Environmental Sciences, Federal University of Amapá, Macapá, 2022.

The Curiaú River Environmental Protection Area is a conservation unit that is set in a region that offers several ecosystem resources for the local population and visitors. It presents unique scenic beauty and an area of floristic and faunal diversity that is important for the sustainability of biodiversity. In its limits, there are also populations that are descendants of enslaved blacks and the greatest representation of this condition was the creation of a Remnant Territory of Quilombola Community, also called Curiaú. Through bibliographical research, it was found that the area has a management plan that was not officialized by the National Register of Conservation Units and with outdated data, demonstrating that the location does not have a strategy that guides actions and programs that allow better exploration of the nature of sustainable way. The main premise of the research was to analyze the vegetation cover and the soil exposure level in the period from 1991 to 2022, using satellite images together with remote sensing techniques, specifically applying the Vegetation Index by Normalized Difference. The satellite data acquisition base was the United States Geological Survey completely free of charge. Thus, data from the Landsat and Sentinel 2 satellite were selected. Subsequently, the information was imported into Qgis version 3.22.2, where treatment of satellite scenes was applied, calculation of NDVI, measurement of areas of vegetation cover and degraded soil. The results showed periods of reduction in photosynthetic activity, however, there were periods of evident recovery of the environment, especially in the year 2022. The thematic maps corroborate the research carried out in the area and show a cyclical behavior of the NDVI influenced by the environmental alterations suffered by the resident population as the development of soybean monoculture in the savannah of Amapá. The climatology of the capital of Amapa also affected the NDVI data, that is, higher NDVI indices in the rainy seasons and less expressive in the dry periods in Macapá.

Keywords: Remote Sensing, NDVI, Protected Areas



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Procedimento de obtenção de informações por satélite passivo.....	17
Figura 2 - Espectro eletromagnético.....	18
Figura 3 - Imagens dos satélites: (A) Landsat com resolução espacial de 30m, (B) Spot com 10m e (C) Ikonos com 1 m - Lago Paranoá em Brasília. ....	19
Figura 4 - Curvas espectrais de uma vegetação sadia e estressada. ....	22
Figura 5 - Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú. ....	31
Figura 6 - Portal Earth Explorer – USGS .....	33
Figura 7 - Seleção dos filtros de pesquisas (USGS).....	33
Figura 8 - Exemplo de cena coberta por nuvens. ....	34
Figura 9 - Determinação do NDVI com o uso da Calculadora Raster. ....	36
Figura 10 - Aplicação da reclassificação dos pixels e da paleta de cores de NDVI.....	37
Figura 11 - Série temporal de NDVI de 1991 a 2008.....	40
Figura 12 - Composição colorida falsa cor da APA do rio curiaú no dia 02/11/1997. ....	41
Figura 13 - Composição colorida falsa cor da APA do rio Curiaú no dia 11/07/2008. ....	42
Figura 14 - Índices de NDVI de 2013a 2020 .....	44
Figura 15 - Composição colorida de cor natural da APA do rio Curiaú no dia 28/06/2016.....	45
Figura 16 - NDVI e composição colorida do dia 08/06 2022. ....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
ARIEC	Área de Relevante Interesse Ecológico e Cultural
BDTD	Biblioteca digital de Teses e Dissertações
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
CRQ	Comunidade Remanescente de Quilombolas
DN	<i>Digital number</i>
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
FCP	Fundação Cultural Palmares
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
MSS	<i>Multispectral Scanner</i>
MSI	<i>Multispectral Imager</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalize Difference Vegetation Index</i>
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PIB	Produto Interno Bruto
QGIS	Quantum Gis
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Amapá
SHP	Shapefile
SNUC	Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>

TM	<i>Thematic Mapper</i>
TOA	Topo da atmosfera
TRCQ	Território Remanescente de Comunidade Quilombola
UC	Unidade de Conservação
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 Sensoriamento remoto .....	16
2.2 O espectro eletromagnético .....	18
2.3 Qualidade das imagens no sensoriamento remoto.....	19
2.4 Índice de vegetação.....	20
2.5 Sistema nacional de unidades de conservação da natureza .....	23
2.6 Savanas Amapaenses .....	24
<b>3 PROBLEMA.....</b>	<b>26</b>
<b>4 HIPÓTESE .....</b>	<b>27</b>
<b>5 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>28</b>
<b>6 OBJETIVOS .....</b>	<b>29</b>
6.1 Objetivo Geral .....	29
6.2 Objetivos específicos .....	29
<b>7 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
7.1 Área de estudo .....	30
7.2 Metodologia.....	32
<b>8 RESULTADOS E DISCURSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>9 CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>10 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Macapá, capital do Amapá, é o município com maior população no Estado, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população foi estimada para 2021, em 522.357 pessoas, o que representa 59,52% da população total do estado, que é de 877.613 habitantes. Sendo que a população urbana de Macapá, considerando o censo de 2010, é de 495.239 munícipes, representando 94,81% do total da população do município (IBGE, 2022). historicamente, Macapá é a municipalidade amapaense que concentra o maior percentual de população do estado e a maioria dessa população habita a zona urbana do município.

A concentração da população traz como consequências maior dinamismo econômico e expansão da área urbana, que ocorre principalmente no sentido da zona norte macapaense. O crescimento populacional da capital do estado, também, propicia problemas sociais, a exemplo da ocupação irregular e desordenada em áreas inadequadas para moradias, como por exemplo as áreas úmidas, conhecidas regionalmente como áreas de ressacas; concentração populacional, em algumas áreas da cidade e; aumento de problemas sociais, como *déficit* educacional e de saúde pública, além do crescimento constante da violência. Associado aos problemas socioeconômicos surge, também, os impactos negativos aos ambientais naturais. É neste contexto que se insere a Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Curiaú, objeto de estudo desta dissertação, que se localiza no entorno norte da área urbana de Macapá.

É perceptível que o ambiente da APA do Rio Curiaú está sob tutela da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB/1988) e de diversas normas legais federais (como a Lei nº 9.985/2000), em nível federal, que tem por finalidade a proteção socioambiental. Existem, também, as leis estaduais, como a que instituiu a APA, Lei nº 0431/1998, além de normas do município relativo à sustentabilidade socioambiental e que deveriam subsidiar a gestão e manejo adequado da APA do Rio Curiaú.

Mas é notório, também, que mesmo com um rol extensivo de legislação (federal, estadual e municipal) concernente a proteção legal de áreas, a unidade vem lidando com a degradada do ambiente natural que impacta negativamente o cotidiano das comunidades ambientadas na área. O impacto acontece, sobretudo, a partir do desdobramento da expansão da malha urbana de Macapá. Esse processo vem ocorrendo como consequência da monocultura da soja e da elevação da especulação imobiliária, além da existência da ocupação de populações em vulnerabilidade socioeconômica no entorno da APA.

É neste sentido que a UC vem sofrendo pressões em seus limites e internamente. Como plano defensivo territorial as comunidades ambientadas na APA vêm promovendo a implantação de algumas medidas que objetivam impedir o avanço dessa expansão urbana, como por exemplo, o estabelecimento, na década de 1990, da comunidade Extrema no limite sul da UC, com a finalidade de restringir o avanço populacional em direção a unidade.

A APA do Rio Curiaú, segundo informações disponíveis no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC, 2022), apresenta apenas o conselho gestor (conselho deliberativo), instituído pelo Decreto Estadual nº 1111/1998. Entretanto, o documento mais importante de qualquer UC, o plano de manejo, não consta na base de dados do CNUC (2022). Todavia, no *site* da SEMA/AP é disponibilizado um Plano de Manejo elaborado em 2007, contendo algumas informações importantes e fundamentais que corroboram para a gestão e manejo da área. Entretanto, este planejamento não é um documento oficial e encontra-se com informações desatualizadas.

Por meio de pesquisa bibliográfica, observações *in loco* e acesso a informações contidas no *site* da SEMA/AP é possível inferir que os dados e análises contidos no referido plano estão em desacordo com a realidade atual e necessitam de estudos que demonstre as condições atuais da APA. E é com base nessas informações que é possível considerar, também, que existem alterações socioambientais importantes como desflorestamentos (desmatamentos, incêndios e queimadas), provocados por ações internas (comunidades) e externas (entorno) à área e expansão das áreas de uso das comunidades (crescimento populacional e aumentos das estruturas comunitárias, com ampliação e construções de casas e equipamentos públicos) dentro da APA.

Neste sentido, é pertinente destacar que as influências antrópicas em ambientes naturais que ocasionam supressão vegetal, contaminação do solo, alterações nos corpos hídricos e lençóis freáticos, desflorestamentos e extinção da fauna local. No entanto, a utilização sustentável dos recursos naturais é viável, desse modo o poder público estatal delimitou áreas que apresentem grande relevância para os recursos ecossistêmicos e estão preconizadas no pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC).

Portanto, este estudo pretendeu avaliar por meio de imagens de satélites, como vem ocorrendo estas alterações entre os anos de 1991 e 2022. Pois é um meio de mensurar o grau de

desflorestamentos e aumento ocupacional dentro da APA do Rio Curiaú. A utilização de imagens de satélite e aplicação de geotecnologias para analisar as alterações da cobertura vegetal e a dinâmica das comunidades residentes no interior da área é uma ferramenta importante no processo de gestão e manejo da UC. Pois, por meio destas tecnologias é possível visualizar a atual situação e de períodos anteriores da área, inferindo sobre a expansão ou redução do desflorestamento e ocupação humana.

A finalidade da pesquisa foi analisar as condições da cobertura vegetal e da dinâmica populacional da APA do Rio Curiaú, a partir do exame de cenas provenientes do satélite Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Landsat 9 e Sentinel 2 com um recorte temporal entre 1991 e 2022, assim como averiguar a dinâmica da área verde e das comunidades presente no interior da APA do Rio Curiaú. Para tanto, foi necessário detectar a dinâmica populacional utilizando como ferramenta as cenas de satélite e identificar alterações da cobertura vegetal por meio do sensoriamento remoto com a aplicação do *Normalize Difference Vegetation Index*<sup>1</sup> (NDVI).

A pesquisa se desdobou em um estudo de caso, que segundo Gil (2008) trata-se de um estudo minucioso e exaustivo baseado em um ou poucos objetos, tal que seja possível obter informações gerais e aprofundadas do objeto de pesquisa. As imagens de satélite foram obtidas por meio da Plataforma do Instituto Nacional de pesquisas espaciais (INPE), que são isentas de taxa, as cenas foram processadas por meio do Software QGIS versão 3.22.2, com ele é possível determinar o NDVI da APA do Rio Curiaú e elaborar as representações cartográficas para análises.

---

<sup>1</sup> Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (tradução livre).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de grande valia que também faz parte das geotecnologias. É a ciência da aquisição de informações sobre um objeto, fenômeno ou área por meio de equipamentos que não entram em contato direto com o objeto de estudo. O sensoriamento remoto, também pode ser compreendido como um conjunto de atividades que possibilitam identificar informações a respeito de um objeto que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de sua proximidade física entre essa superfície e o sensor. Tais atividades implicam em constatar, adquirir e analisar a energia eletromagnética emitida ou refletida por objetos terrestres e captadas por sensores remotos (NICÁCIO, 2008).

Os sensores utilizados na captação das informações podem ser passivos, ou seja, precisam da radiação eletromagnética para interagir com o objeto de estudo. A radiação utilizada é simplesmente a luz do sol como fonte de energia, já os sensores ativos são aqueles que possuem sua própria fonte de radiação capaz de extrair as informações de um alvo na superfície da terra sob qualquer condição atmosférica (RODRÍGUEZ, 2005).

Dependendo das características, físicas, químicas ou biológicas de um alvo na superfície terrestre, ele pode se comportar de uma forma intrínseca ao refletir uma quantidade de radiação incidente em faixas de comprimento de onda do espectro eletromagnético. Esse comportamento é denominado de assinatura espectral. De maneira geral o sensoriamento remoto é baseado no alvo ou objeto a ser investigado, fonte de energia (sendo o sol ou radiação própria), um caminho de transmissão e um sensor (NICÁCIO, 2008). Para Florenzano (2002) quando os dados chegam nas estações de recepção eles são transformados em imagens, tabelas e gráficos sendo passíveis de serem interpretados, e conseqüentemente, sendo possível obter informações do globo terrestre conforme demonstrado na Figura 1.



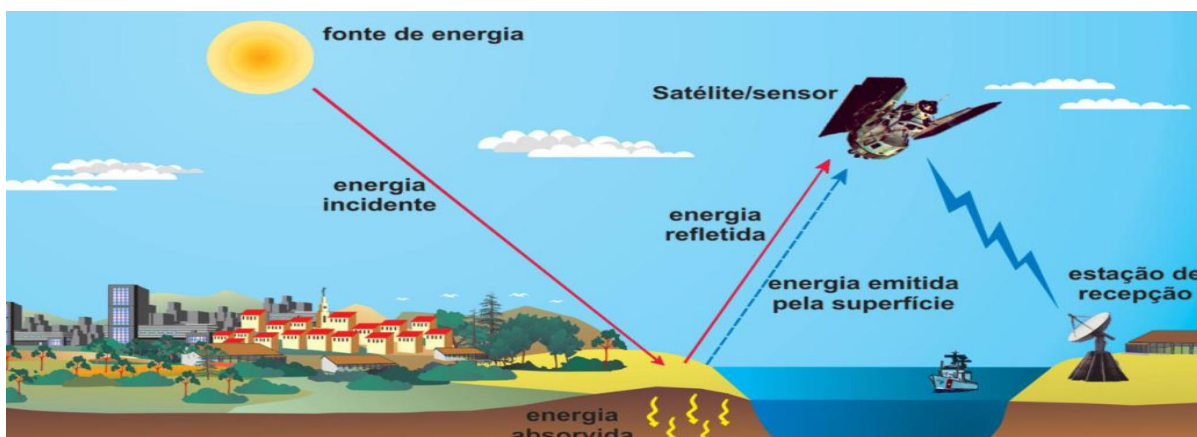


Figura 1 - Procedimento de obtenção de informações por satélite passivo

**Fonte:** Florenzano (2002).

O sensoriamento remoto pode obter qualquer informação da superfície da terra, podendo ser por meio de sensores orbitais (satélites) ou fotografias (aerotransportados) (NASCIMENTO, 2009). A radiação eletromagnética, após permear a atmosfera e alcançar os alvos, a energia incidente é fracionada em três partes: uma parte é absorvida, outra é transmitida e a restante é refletida de volta para o espaço. Com essas condições os sensores são capazes de captar as informações provenientes dos alvos (RODRÍGUEZ, 2005).

Todo corpo que possui uma temperatura acima de 0° kelvin pode emitir radiação eletromagnética (BRYN, 2008). Os corpos com essa temperatura apresentam uma agitação aleatória de suas partículas dos átomos e das moléculas. Quando se colidem alteram o seu estado de energia e emitem radiação eletromagnética, de modo que quanto maior sua temperatura, maior será o seu potencial irradiante de energia (MENESES, 2012). Portanto, o sol e a terra são fontes naturais de energia eletromagnética utilizadas no sensoriamento remoto da superfície da terra.

A infinidade de elementos presentes na superfície terrestre a exemplo do solo, água e vegetação possuem comportamentos reflexivos e emissivos de radiação distintos. Desta forma cada objeto possui um espectro eletromagnético característico. A captura da radiação por sensores em algumas bandas espectrais permite identificar os objetos, estimar o estado em que se encontram, realizar inferências a seu respeito e dos fluxos decorrentes, como a evapotranspiração (ANDRADE, 2018).

## 2.2 O espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética em regiões de comprimento de onda e frequência (Figura 2). Nota-se que quanto maior a frequência da onda menor é o seu comprimento de onda, sendo, portanto, grandezas inversamente proporcionais. Observe que o espectro abrange desde os raios gama ( $\gamma$ ) com grandes índices de frequência, até longos comprimentos de onda como as ondas de rádio e micro-ondas de baixa frequência (FLORENZANO, 2002).

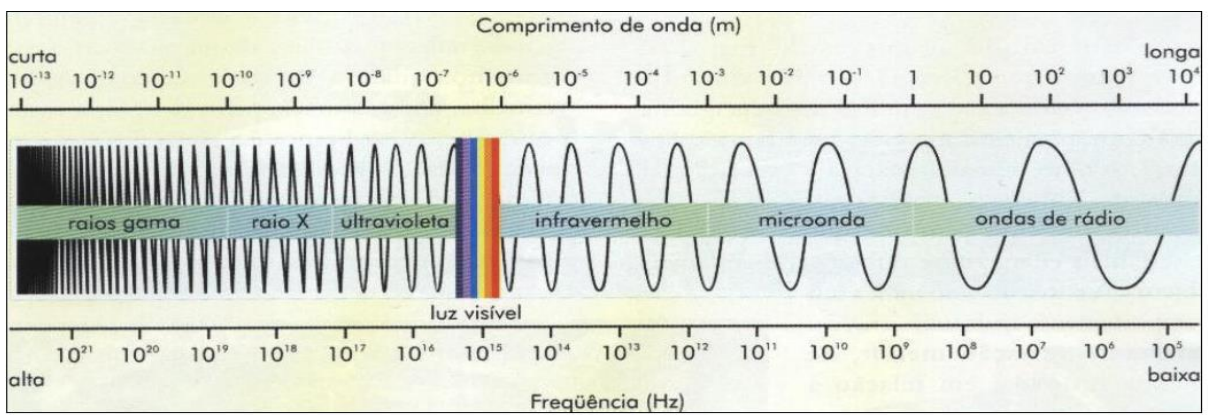


Figura 2 - Espectro eletromagnético.

**Fonte:** Florenzano (2002).

É importante enfatizar as características naturais da radiação eletromagnética, na qual se comporta como onda e energia. Isso significa que ela pode se propagar pelo vácuo a exemplo da luz do sol, como onda e como energia. Esse conhecimento de dualidade é fundamental para o sensoriamento remoto, visto que quando se estiver analisando uma imagem deve-se considerar a coexistência da radiação eletromagnética como onda e como energia para explicar tudo o que se observa nas imagens com referências às características dos objetos (MENESES, 2012).

Ainda de acordo com a Figura 2 a região do visível é a seção da radiação que é visível aos olhos humanos que dispõem de uma faixa de comprimento de onda (380 a 750 nm). É fundamental para o sensoriamento remoto, uma vez que as imagens geradas nesse intervalo são perceptíveis para o pesquisador. O infravermelho é outra região muito importante, pois ela é facilmente absorvida pelas substâncias na forma de calor - efeito de aquecimento (NASCIMENTO, 2009). O fator que mede a capacidade de um alvo refletir a radiação incidente é denominado como Reflectância, enquanto suas características de absorção de radiação são conhecidas como

absortância e sua habilidade de transmitir a radiação é chamada de transmitância (STEFFEN, 2006).

### 2.3 Qualidade das imagens no sensoriamento remoto

As informações adquiridas pelos sensores podem ser classificadas enquanto a sua resolução e a resolução compreende a capacidade de um sistema sensor possuir de distinguir respostas semelhantes espectralmente (NASCIMENTO, 2009). A resolução espacial é a habilidade do sensor ‘enxergar’ ou mesmo distinguir objetos da superfície da terra, mais especificamente, trata-se do menor elemento ou superfície distinguível por um sensor (FLORENZANO, 2002). Neste sentido:

**a) Resolução espacial** - Pode ser entendida de várias maneiras, para Andrade (2018) trata-se do tamanho do pixel (*Picture element*) da imagem captada pelo sensor. A estatura do pixel representa o tamanho do objeto na superfície da terra. A resolução espacial pode ser compreendida em função das arestas do pixel ou de sua área. Sensores com alta resolução espacial possuem valores de pixel representativo menores.

A Figura 3 representa o contraste das resoluções espaciais de três diferentes satélites. A imagem abaixo é um registro do lago Paranoá em Brasília captado pelo satélite Landsat (A), Spot (B) e Ikonos (C) respectivamente. Podemos observar que quanto menor a resolução espacial melhor será a nitidez das imagens e conseqüentemente será mais eficiente a análise das informações espaciais.

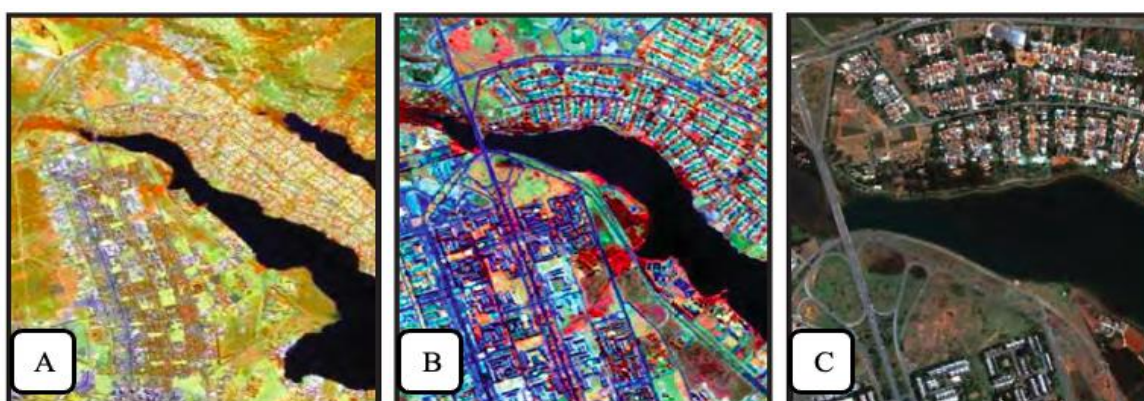


Figura 3 - Imagens dos satélites: (A) Landsat com resolução espacial de 30m, (B) Spot com 10m e (C) Ikonos com 1 m - Lago Paranoá em Brasília.

**Fonte:** Meneses (2012).

**b) Resolução espectral** - É outra característica pertinente a se atentar, pois compreende a quantidade de faixas do espectro eletromagnético que o sensor consegue detectar e registrar, considerando a transparência da atmosfera (VIANA, 2012). Assim, a resolução espectral é uma definição correspondente às imagens multiespectrais do sensoriamento remoto (NASCIMENTO, 2009). É determinado pela quantidade de bandas espectrais de um sistema sensor e pela amplitude do intervalo do comprimento de onda. O sistema óptico (lentes e espelhos) do sensor estabelece qual o tipo de detector é o encarregado pela sensibilidade e pelo intervalo espectral de cada banda, assim como, a parte do sensor que receberá a radiação emitida ou refletida pela superfície da terra.

**c) Resolução radiométrica** - Corresponde a quantidade de níveis de cinza que um sensor pode utilizar para representar uma cena. A quantidade de níveis de cinza depende do sistema de gravação do sensor, quanto maior for a capacidade de armazenamento computacional (bits) maior será a resolução radiométrica do sensor (NICÁCIO, 2008).

**d) Resolução Temporal** - Corresponde a periodicidade em que o sistema sensor realiza a visitação em um lugar e em um intervalo de tempo. Este ciclo de passagem está diretamente ligado as características orbitais da plataforma (altura, inclinação, velocidade) a resolução temporal é considerável para trabalhos relacionados a alterações da superfície da terra e no seu monitoramento (BRYNS, 2008). A resolução temporal é o intervalo de tempo que o sensor precisa para cobrir um mesmo ponto geográfico da terra, também conhecido como período de revisita (ANDRADE, 2018). A resolução temporal é fundamental para o acompanhamento dinâmico dos alvos de pesquisa.

## 2.4 Índice de vegetação

A utilização do sensoriamento remoto em coberturas vegetais se destina a assimilar a aparência de uma determinada vegetação contida em um produto do sensoriamento remoto, onde nesse procedimento de assimilação envolve parâmetros, fatores ambientais e procedimentos complexos. Novo e Ponzoni (2001) também citam o exemplo de um dossel que é composto por folhas, galhos e frutos. Um fluxo de radiação incidente sobre qualquer um desses elementos pode desencadear dois processos: Absorção e espalhamento, o espalhamento é subdividido em reflexão e transmissão por meio do elemento. A direção do fluxo radiante incidente em um dos elementos do ambiente depende das características do fluxo (ângulo de incidência, polarização e comprimento de onda) e das características físico-químicas dos elementos da vegetação

(NOVA; PONZONI, 2001).

Moreira (2007) afirma que as folhas apresentam três funções: respiração, transpiração e fotossíntese. A respiração é o processo de absorção do oxigênio (O<sub>2</sub>) e liberação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) por meio dos estômatos. A transpiração é o procedimento de liberação de vapor d'água para o meio ambiente, também realizado nos estômatos. A fotossíntese é o único processo que está diretamente envolvido com a radiação solar, os outros dois processos se destinam a reações químicas que ocorrem na planta (quebra de moléculas de substâncias produzidas na fotossíntese) para adquirir a energia suficiente para a sua sobrevivência.

O autor ressalta, ainda, que nem toda radiação que atinge as plantas possui efeitos sobre ela, as radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda capazes de induzir uma resposta fisiológica, ou seja, suficiente para provocar uma resposta fotoquímica. A tabela 2 apresenta exemplos de reações fotoquímicas, com os seus respectivos fotorreceptores, o auge da absorção e os intervalos de comprimento de onda em que a radiação é absorvida.

Processo	Reações	Fotorreceptor	Pico do Espectro ~ (nm)	Banda espectral (nm)
Síntese de clorofila	Redução da protoclorofila	Protoclorofila	Azul: 445 Vermelho: 650	350 – 470 570 - 670
Fotossíntese	Dissociação da água e redução do CO <sub>2</sub> Acréscimo da Fotossíntese	Clorofilas e Carotenóides	Azul: 445 Vermelho: 675 Vermelho: 650 Vermelho Distante 710	350 – 530 600 – 700 630 – 690 690 - 730
Fototropismo	Reações no azul	Carotenóides e flavinas	U.V: 370 Azul: 445 - 475	350 - 500
Germinação da semente, síntese da antocianina, crescimento vegetativo e crescimento heterotrófico	Reações no vermelho	Fitocromo	Vermelho: 660 Reversão pelo vermelho distante: 710 e 730	350 - 500

Tabela 1 - Exemplos de reações fotoquímicas das plantas superiores.

**Fonte:** Moreira (2007).

As células vegetais do parênquima lacunoso do mesófilo possui cloroplasto com pigmentos de clorofila, eles fornecem a tonalidade verde nas folhas e estão relacionados a fotossíntese. Uma

planta verde típica que capta preferencialmente comprimentos de onda da região do visível ( $0,35\mu\text{m} - 0,70\mu\text{m}$ ) são denominados pigmentos. A clorofila *a* e a clorofila *b* são os pigmentos vegetais mais relevantes de captação da luz azul e vermelha, existem outros pigmentos que ficam ocultos pela alta presença da clorofila, como os carotenos amarelos e xantofilas amarelo claras, onde absorvem a luz na região do azul. Os  $\beta$ caroteno absorvem a região centrada de  $0,45\mu\text{m}$  (JENSEN, 2011).

Quando as plantas atingem seu estado de senescência ou é influenciada por estresse, os pigmentos de clorofila podem esgotar, possibilitando a predominância dos carotenos ou outros pigmentos. A exemplo do outono, nessa estação, a produção de clorofila é interrompida, ocorrendo a maior presença dos pigmentos amarelos dos carotenos e outras específicas da folhagem arbórea sejam mais nítidas de serem visualizadas aos olhos humanos. O sensoriamento remoto na absorção por clorofila representa uma variável biofísica fundamental para várias pesquisas biogeográficas, com esses dados é possível extrair informações sobre o estresse, produtividade e outros fatores heterogêneos vegetais (JENSEN, 2011).

Quando uma planta está sob estresse ou sua produção de clorofila é comprometida (Figura 4), a ausência de clorofila promove a diminuição da absorção de energia nas regiões de absorção de clorofila. Essas plantas terão maior reflectância na região do verde e vermelho do espectro, aparentando estar amarelada ou clorótica. A reflectância no infravermelho é um indicio consistente de estresse, apenas quanto acontece severa desidratação foliar (JENSEN, 2011).

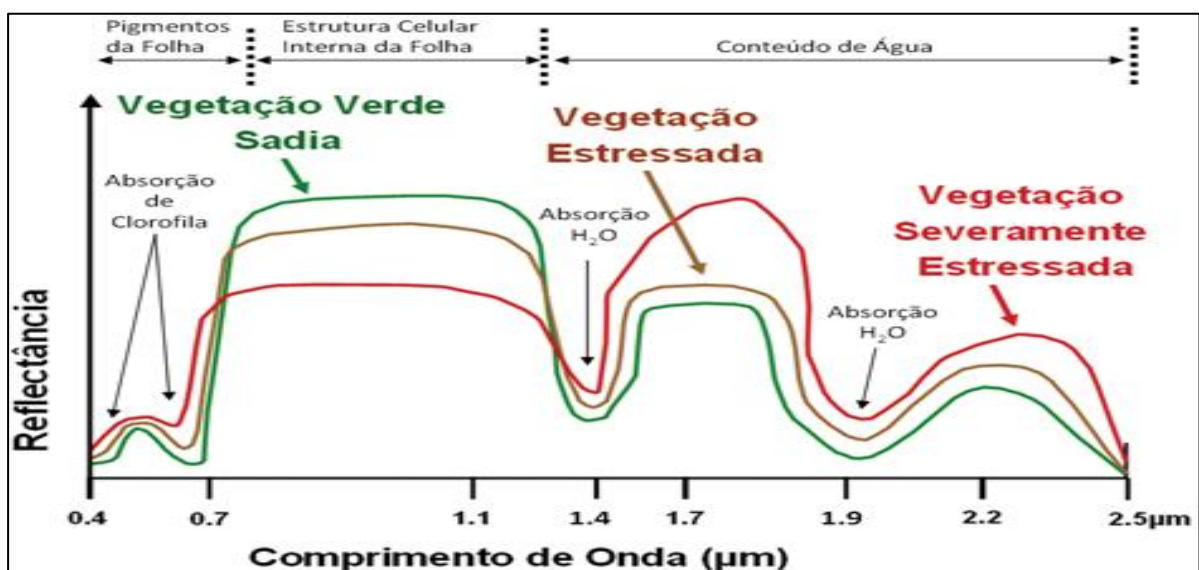


Figura 4 - Curvas espectrais de uma vegetação sadia e estressada.

Fonte: Souza et al. (2008).



O intervalo do infravermelho próximo (0,7 – 1,3µm) é onde os pigmentos são transparentes, a radiação é transmitida ou refletida e a absorção é mínima (<10%). A água na parte interna da folha não gera bandas de absorção intensa. A região conhecida como *red edge* ou borda vermelha é onde a reflectância passa de 5% para 50 %, ao modo que as folhas espessas possuem reflectância maior que a transmitância. As folhas secas (ausência de água e pigmentação) possuem reflectância de aproximadamente 80%. A zona do infravermelho de ondas curtas (1,3 – 2,5µm) é definida pela abundância de água na estrutura foliar, com bandas de captação centradas em 1,45 µm e 1,95 µm. Neste intervalo do espectro transcorrem as feições de captação de celulose, amido, compostos bioquímicos e lignina (SOUZA et al. 2008).

O NDVI é linearmente proporcional à biomassa, também é mais adequado quando se destina a realizar comparações ao longo do tempo de uma mesma área, pois é previsto de ser menos influenciado pelas alterações das condições atmosféricas. Tal índice pode ser aplicado para mensurar o índice de área foliar, determinação da porcentagem de cobertura do solo, aferição da radiação fotossinteticamente ativa, que foram usadas em vários modelos de pesquisa da fotossíntese e sequestro de carbono (MENESES; ALMEIDA, 2012). Assim, o NDVI é definido pela Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

A equação envolve a diferença e a soma das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e, varia de valores que vão de -1 a +1. Onde valores negativos correspondem a presença de corpos d'água e ausência de vegetação; valores tendenciosos a 0 compreendem a presença de solos expostos e valores aproximados a 1 indicam a presença de cobertura vegetal.

## 2.5 Sistema nacional de unidades de conservação da natureza

O SNUC foi instituído com a publicação da Lei nº 9.985/2000, é a lei que regulamenta a parte do artigo 225, § 1º, inciso III da CRFB/1988. É a lei que estabelece parâmetros para a instituição e gestão de UC. A legislação é aplicável para as esferas federal, estadual e municipal. O SNUC possui a finalidade de contribuir com a manutenção da diversidade biológica e dos recursos

genéticos no Brasil, viabilizar o desenvolvimento sustentável, favorecer a preservação e restauração da diversidade dos ecossistemas naturais, proteger as espécies ameaçadas de extinção, propiciar os meios e incentivos para a pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, facilitar condições para a educação e interpretação ambiental e a recreação combinada ao turismo ecológico (BARBOSA, 2018).

As unidades são divididas em dois grupos, conforme o seu uso, sendo de uso sustentável ou de proteção integral. As UC de uso sustentável destinam-se a exploração dos recursos naturais de modo que garanta a perenidade dos recursos ambientais e dos processos ecológicos, conservando a biodiversidade e os outros atributos ecológicos de forma ecologicamente equilibrada. As unidades de proteção integral têm o propósito de preservar os ecossistemas livres de modificações decorrentes de interferências humanas, permitindo somente a utilização indireta dos atributos naturais (BRASIL, Lei nº 9.985/2000).

As categorias de UC pertencentes ao grupo de proteção integral são: Estação Ecológica, Refúgio da Vida Silvestre, Monumento Natural, Parque Nacional (Estadual ou Municipal) e Reserva Biológica. As categorias de unidades pertencentes ao grupo de uso sustentável são compostas pelas: Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional (Estadual ou Municipal), Reserva Particular de Patrimônio Natural, Reserva da Fauna, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e APA (BRASIL, Lei nº 9.985/2000).

Nesta pesquisa o ambiente investigado é uma APA, que é uma área geralmente ampla, com a presença humana. Assim a APA é, geralmente, dotada de fatores bióticos, abióticos, estéticos ou culturais singularmente relevantes para a qualidade de vida das populações humanas e tem a premissa básica de salvaguardar a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e garantir a utilização dos recursos naturais de forma sustentável. A APA pode ser formada por terras públicas ou privadas. Considerando os dispositivos legais pode ser aplicado restrições para a propriedade privada localizada nesta categoria de UC. A respectiva área terá um conselho consultivo, presidido pelo órgão incumbido por sua gestão e compostos por representantes dos órgãos públicos, da organização da sociedade civil e das comunidades residentes (BRASIL, Lei nº 9.985/2000).

## **2.6 Savanas Amapaenses**

O cerrado é um dos Biomas mais representativos do Brasil, estando difundido desde o estado



do Paraná até a região norte do País, inclusive na Amazônia parcelas desse ecossistema estão localizadas no Pará, Roraima, Amazonas, Amapá e Rondônia na forma de encaves vegetacionais. Tal tipo de vegetação é conhecida como Savana Amazônica (MENDONÇA et al., 2008).

Segundo Carvalho e Mustin (2017) a Savana Amapaense corresponde a 13,027 km<sup>2</sup> ou 7,2 % do território do estado. Estendendo-se desde Macapá até a cidade de Calçoene situada ao norte do Amapá, inclusive uma pequena parcela do centro-sul entre os municípios de Laranjal do Jari e Mazagão. De acordo como o Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE (2008) a área savânica é caracterizada por formas campestres de terra firme que se apresentam em tipologias de cerrado. A vegetação é composta por estratos lenhosos abertos e estrato arbustivo/herbáceo denso, ambos entrecortados por parcelas reduzidas de mata de galeria.

Ademais as savanas amapaenses do ponto de vista funcional são reguladas por condições naturais com destaque ao solo e ao clima, além de condições não naturais como o histórico de queimadas que ciclicamente afetam a vegetação, restringindo seu desenvolvimento nativo. A drenagem apresenta-se mais adensada, ora mais esparsa, de acordo com as condições do relevo de ondulado a suavemente ondulado, respectivamente (ZEE, 2008).

### **3 PROBLEMA**

Considerando a desatualização do plano de manejo da APA do Rio Curiaú e a necessidade de identificar os avanços do desmatamento em seu interior, assim como analisar as interações antrópicas que podem influenciar em seu manejo, questiona-se: Quais as alterações relacionadas a cobertura vegetal ocorreram na APA do Rio Curiaú, no período entre 1991 e 2022?

#### **4 HIPÓTESE**

A hipótese principal para responder a esta questão é que no período entre 1991 e 2022 houve aumento significativo do desflorestamento e para identificar estas alterações é possível utilizar ferramentas geotecnológicas, tais como o sensoriamento remoto. Esses instrumentos são essenciais e bastante empregados para verificar fenômenos ambientais. Assim, o sensoriamento remoto pode ser utilizado para averiguar o índice de cobertura vegetal da APA, utilizando as imagens de satélite e, desse modo será possível analisar as áreas mais impactadas da UC e proporcionar uma melhor gestão e manejo da área, tomando medidas legais e mitigadoras para amenizar estes impactos.

## 5 JUSTIFICATIVA

A CRFB/1988, em seu Art. 225 estabelece que todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para assegurar esse direito a união elaborou e aprovou dispositivos infraconstitucionais que promovem a proteção, conservação e preservação de biomas e ecossistemas no Brasil. Como é o caso da Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o SNUC, que estabelece o regramento das UC em todos os entes da federação (união, estados e municípios).

O SNUC determina que as UC sejam divididas em dois grupos: proteção integral e uso sustentável. Determina, ainda que todas as UC devem dispor de um plano de manejo, em até cinco anos a partir da sua criação (BRASIL, Lei nº 9.985/2000, Art. 27, § 3º), este plano deve ser elaborado pelo órgão gestor da área (no caso da APA do Rio Curiaú, a SEMA/AP) e deverá submeter para avaliação e aprovação ao Conselho Gestor da APA e deve ser revisado periodicamente para verificar se há necessidade de promover alterações.

De acordo com informações disponibilizadas no site da SEMA/AP o Plano de Manejo da APA do Rio Curiaú foi elaborado em 2007 e até o ano de 2022 não foi revisto. Neste sentido, esta pesquisa se justifica pela necessidade de rever dois (2) aspectos do plano de Manejo da APA do Rio Curiaú para verificar a necessidade de planejar atualizações das informações correspondentes a cobertura vegetal e da dinâmica da população que habita as comunidades da APA. Essas informações serão coletadas por meio de imagens de satélite disponibilizadas gratuitamente pela USGS, onde são disponibilizadas as cenas do satélite Landsat e Sentinel 2.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo Geral**

Analisar com auxílio de imagens dos satélites Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Landsat 9 e Sentinel 2 as alterações ambientais relacionadas a cobertura vegetal e ao grau de exposição do solo no período de 1991 a 2022, na APA do Rio Curiaú, no município de Macapá/AP.

### **6.2 Objetivos específicos**

- Utilizar o NDVI para evidenciar as áreas cobertas por vegetação e os ambientes que podem estar degradados com a alta exposição do solo;
- Classificar as regiões de acordo com o NDVI obtido como solo altamente exposto, solo moderadamente exposto com vegetação, vegetação rasteira, vegetação arbustiva e arbórea na APA do Rio Curiaú, por meio do sensoriamento remoto, no período de 1991 a 2022.;
- Mensurar as áreas em hectare correspondentes a cada faixa de NDVI (-1 a 1);
- Identificar os períodos de maior abundância vegetativa e maior indícios de degradação ambiental.

## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

### 7.1 Área de estudo

O Município de Macapá é a capital do Estado do Amapá. O estado é ambientado no extremo norte do Brasil. Macapá tem como coordenadas geográficas: 0° 02' 18" N e 51° 03' 59" O. Segundo o IBGE o município apresenta uma população estimada, para 2021, de 522.357 e densidade demográfica de 79,58 hab/km<sup>2</sup>, a área total do município é de 6.563,849 km<sup>2</sup>. O Produto Interno Bruto (PIB) é de R\$ 22.718,28, em 2019 e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,733, (IBGE, 2021). É neste município que se localiza a APA do Rio Curiaú, UC foco desta pesquisa.

A APA do Rio Curiaú é uma UC de uso sustentável criada por meio da Lei Estadual nº 0418/1998 e possui o objetivo de proteger e conservar os recursos naturais presentes na área, proporcionando melhorias na qualidade de vida da população tradicional residente (AMAPÁ, Lei nº 0431/1998) A APA abriga as comunidades: Curiaú de Fora, Extrema, Curiaú de Dentro, que são reconhecidas como comunidades descendentes de negros escravizados (Portaria 001/1999). Contempla ainda cinco comunidades: Curralinho, São Francisco da Casa Grande (Comunidades com ancestralidades negras), Mocambo, Pirativa e Pescada (comunidades ribeirinhas). Além dos territórios especiais, RPPN e CRQ, com certificação pela Fundação Cultural Palmares (FCP) (BRITO et al, 2022). Além disso na região norte da APA estão presentes, também, comunidades quilombolas (CRC do Rosa e São José do Mata Fome). A população residente da APA do rio Curiaú apresenta singular perfil étnico-cultural, derivado da sua cultura afro-brasileira. Em relação a cultura, uma das principais manifestações são as festas religiosas em devoção a santos padroeiros (BRITO et al, 2017).

A área de estudo possui uma extensão territorial de 21.676 hectares (AMAPÁ, Lei nº 0418/1998). A UC é composta por ecossistemas como: cerrado, matas de galerias e ilhas de matas, que se distribui em toda a porção oeste e ocupa uma área de 9.632,32 hectares (43,31% da APA); florestas de Várzea que representa 20,8% da UC, abrangendo 4.632,71 hectares, distribuído em uma faixa da orla fluvial por volta de 5 km no sentido sul/nordeste; campos de várzea representada por uma vegetação característica herbácea, com a abundância de macrófitas aquáticas, sendo renovadas todo ano devido as variações de inundações, ocupam 5.007,93 hectares ou 22,51% da área, a espécie arbustiva predominante nessas áreas é o aturiá (*Machaerium lunatum*), O restante da área é ocupada por atividades humanas (SEMA, 2007).

A Figura 5 mostra a territorialidade da APA do Rio Curiaú, envolvendo ao todo oito comunidades que desenvolvem suas atividades socioeconômicas dentro dos limites da bacia do rio Curiaú.

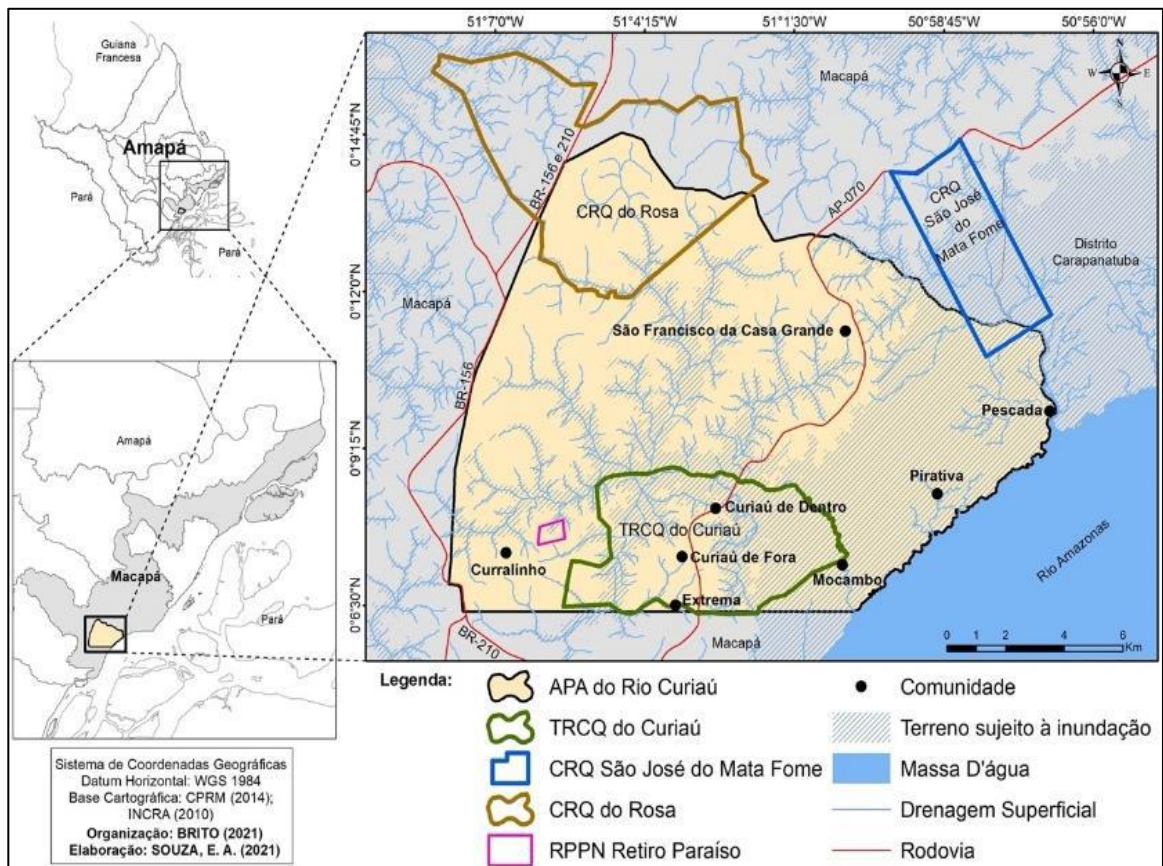


Figura 5 - Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú.

**Fonte:** Brito et al (2022).

As matas de galeria são ambientes florestais de pequeno e médio porte com as espécies emergentes medindo de 15 a 20 metros de altura, sendo os Buritizais as espécies vegetais mais representativas. Tal ecossistema representa 6,16% da APA ou 1.369,59 de hectares, esse ecossistema é importante para a defesa das nascentes evitando a manifestação do seu assoreamento. As Ilhas de Mata apresentam características florestais, porém com baixa variedade florística, é considerado uma área de ecótono, ou seja, representa manchas transicionais entre florestas de terra firme e floresta de várzea, as ilhas de mata representam 6,47% da APA ou 1.437,88 hectares (SEMA, 2007).

A bacia hidrográfica do rio Curiaú tem aproximadamente 584,47 km<sup>2</sup> e encontra-se quase na sua totalidade dentro dos limites da APA do Rio Curiaú, além disso é constituída por um amplo

sistema de drenagem em formas meandráticas e dentríticas interligada por vários lagos efêmeros e permanentes com hidrografia expressiva. Inclusive há a ocorrência dos Pirativa e Pescada que são corpos hídricos de menor proporção e volume e totalmente presentes na região de várzea. Os igarapés não estão interligados ao sistema de drenagem da bacia hidrográfica do rio Curiaú, dessa forma possuem seu próprio regime hídrico sendo influenciado pelo regime de marés do rio Amazonas (SEMAS, 2007).

O abastecimento da rede hidrográfica do rio Curiaú é induzido pelo regime pluviométrico e de marés. No verão ocorre a contenção da área drenada, em especial pela seca de lagos temporários, contudo, no inverno advém do vultoso volume hídrico no referido sistema, pela inundação generalizada de áreas campestres. Os canais são definidos pela presença de espécies aquáticas, a exemplo dos Mururés (*Eichhornia Crassipes*) que conforme o seu crescimento acompanham a forma meandrântica dos cursos d'água. Os principais lagos permanentes da UC é o lago Bonito próximo a comunidade do Currealinho, o Lago Tapera e o Laguinho às proximidades da comunidade de Curiaú de Fora e o Lago Buritzal na região central da UC (SEMA, 2007).

## 7.2 Metodologia

O tipo de pesquisa selecionada para o presente trabalho é do tipo estudo de caso, segundo Gil (2008) trata-se de um estudo minucioso e exaustivo baseado em um ou poucos objetos, tal que seja possível obter informações gerais e aprofundadas da área. Os dados serão considerados quali-quantitativos por apresentarem descrições da vegetação e da ocupação do solo, assim como valores numéricos e percentuais da cobertura vegetal e do avanço populacional na UC. Para a obtenção de informações bibliográficas serão consultadas as bases de dados Scielo, Web of Science e a Biblioteca digital de Teses e Dissertações (BDTD), com um recorte temporal de 2002 a 2022, exceto para literaturas e conceitos clássicos.

As imagens de satélite Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Landsat 9 e Sentinel 2 foram obtidas de forma gratuita no portal do USGS. Inicialmente foi necessário realizar um breve cadastro junto ao site para a aquisição das cenas de satélite. No site é possível importar um arquivo Keyhole Markup Language - KML ou Shapefile (SHP), ambos são arquivos que contém dados geoespaciais, inclusive foi solicitado e cedido pela SEMA/AP o arquivo SHP da APA do Rio Curiaú para facilitar os trabalhos da pesquisa (Figura 6).



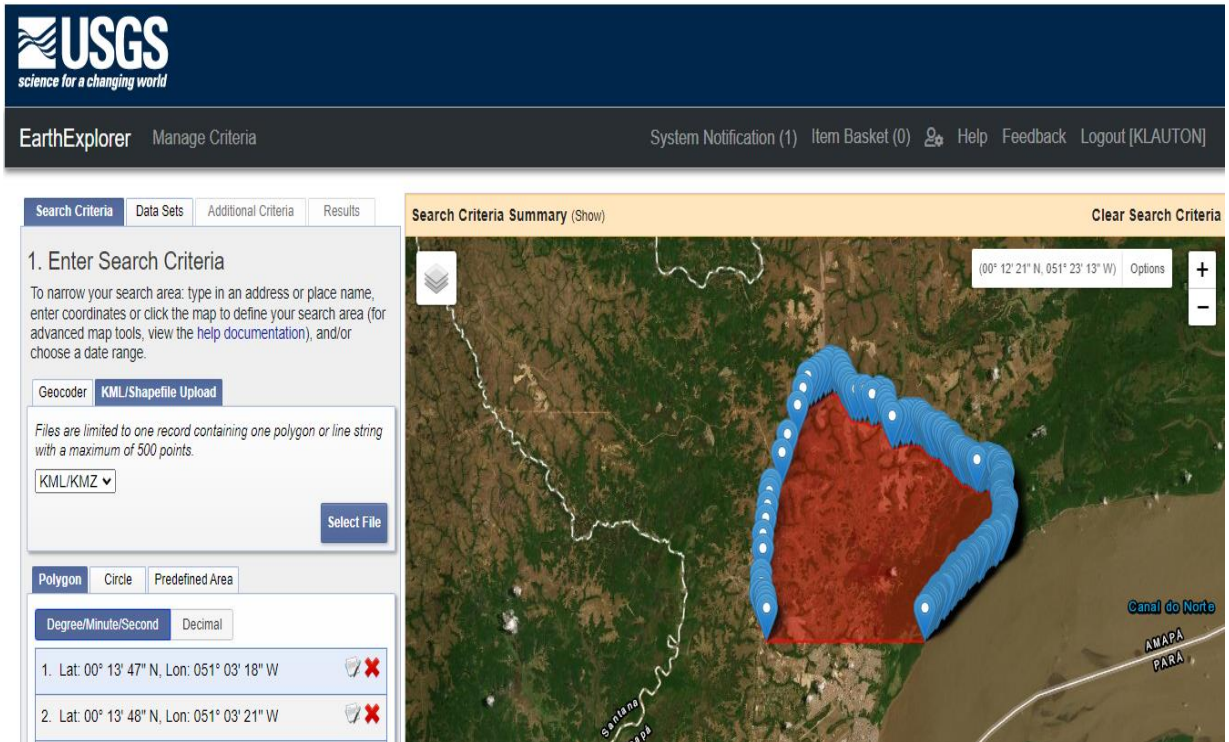


Figura 6 - Portal Earth Explorer – USGS

Fonte: Autor (2022).

Posteriormente foi selecionado os parâmetros da pesquisa das cenas de satélite que seguiram basicamente o mesmo processo: Seguir o caminho - Data Set, Landsat, Landsat Collection 2 Level 1 e selecionar os satélites desejados (Figura 7). A coleção 2 level 1 foi escolhida devido a recomendação do próprio portal USGS, onde as cenas de nível 1 (L1TP) são consideradas adequadas para análise de séries temporais, inclusive os dados são corrigidos com precisão de terreno e radiometria e geometria bem caracterizada.

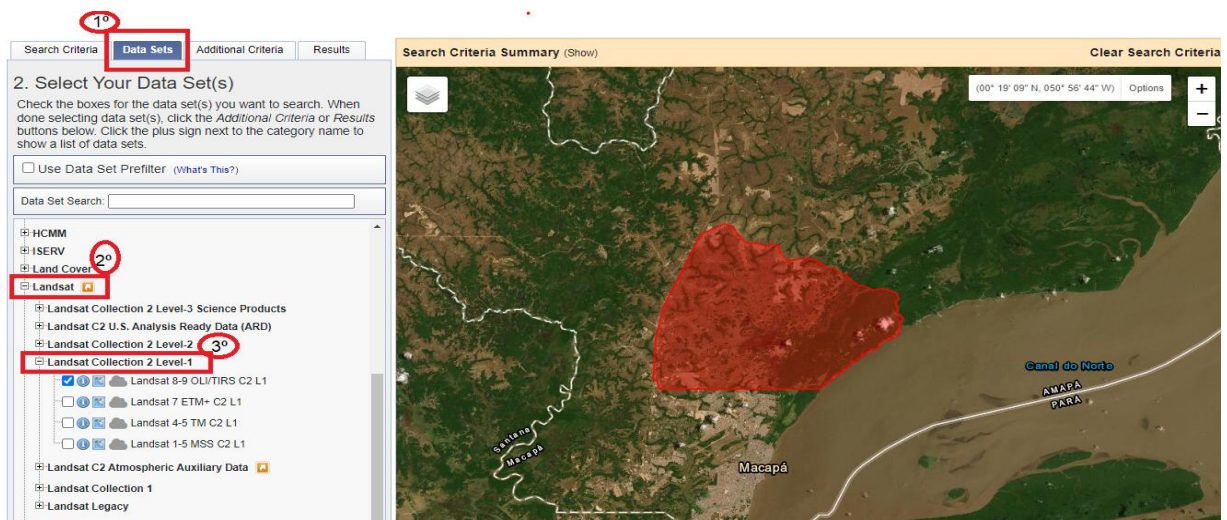
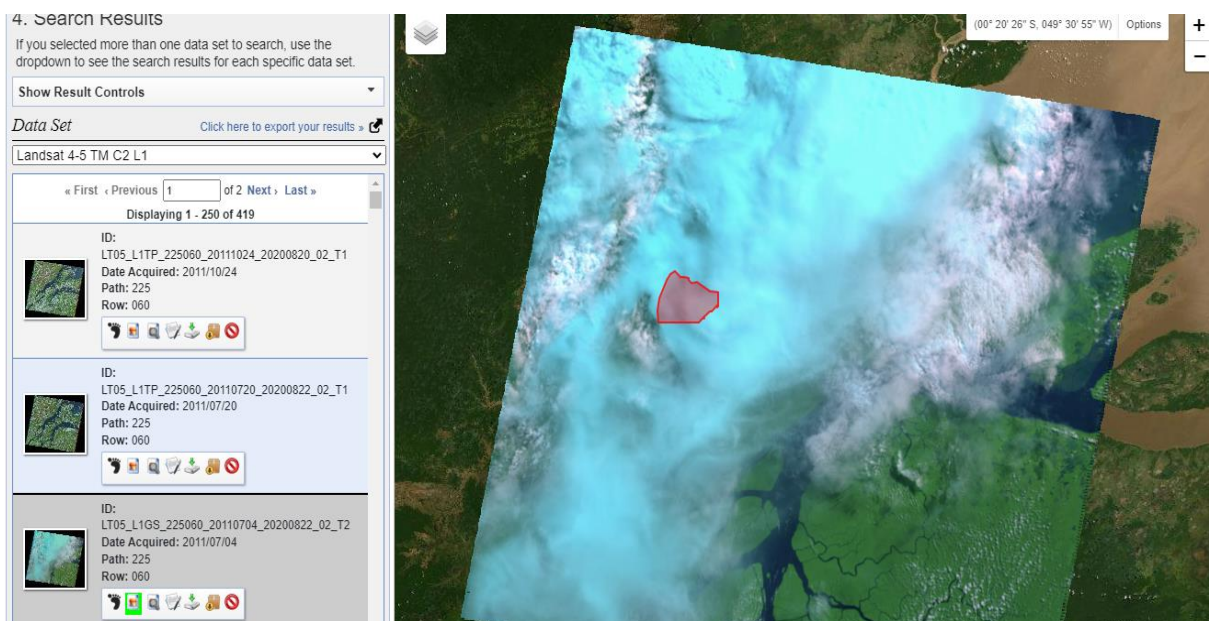


Figura 7 - Seleção dos filtros de pesquisas (USGS).

Fonte: Autor (2022).

Devido as condições de alta nebulosidade na região, foi necessário realizar uma análise minuciosa de cada cena de satélite, a fim de verificar a obstrução mínima de nuvens na área de estudo (Figura 9). Na própria plataforma existe um filtro de pesquisa que mostra cenas com oclusão de nuvens menor que 10%, contudo poucas cenas foram selecionadas, então foi necessário verificar cenas classificadas com mais de 20 % de obstrução de nuvens para expandir a quantidade de dados obtidos.

Figura 8 - Exemplo de cena coberta por nuvens.



Fonte: Landsat (2015).

Executada a aquisição das cenas de satélite, as informações foram importadas para o software Quantum Gis (QGIS) versão 3.22.2, vale lembrar que o programa é de código aberto e gratuito. Nele é possível fazer o manejo, edição e avaliação de dados georreferenciados. Os dados necessários para a realização do NDVI são as bandas do vermelho e infravermelho próximo que pode variar de cada satélite.

Segundo o USGS (2022) os arquivos baixados (Nível 1 – L1TP) podem ser redimensionados para a reflectância e/ou radiância do topo da atmosfera (TOA), em vista disso os números digitais (DN) adimensionais são transformados em unidades mensuráveis (Watts/ m<sup>2</sup> \*srad \* μm) conforme as equações 2 e 3, desse modo pode-se retratar a realidade das interações físicas inerentes aos sensores e a energia captada.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

(2)

Onde:

$L_\lambda$ =Radiância espectral no topo da atmosfera;

$M_L$ =Fator multiplicativo rescalonado da radiância para a banda específica;

$Q_{cal}$ =O valor do número digital (ND) do pixel;

$A_L$ = Fator aditivo reescalonado da radiância para a banda usada.

$$\rho_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho$$

(3)

Onde:

$\rho_\lambda$  =Reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar;

$M_\rho$ =Fator multiplicativo rescalonado da reflectância para a banda específica;

$Q_{cal}$ =O valor do número digital (ND) do pixel;

$A_\rho$  = Fator aditivo reescalonado da reflectância para a banda usada.

No programa Qgis existe uma biblioteca de plugins e nela Congedo (2021) elaborou uma aplicação em linguagem Python chamada *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), por meio dela é possível realizar o pré e pós-processamento de cenas de satélite, fundamental no sensoriamento remoto. As bandas correspondentes ao vermelho e infravermelho foram importadas no SCP, assim como o arquivo MTL com os metadados necessários para a execução das equações 2 e 3.



O próximo procedimento necessário é o cálculo de NDVI por meio da calculadora Raster do próprio QGIS (Figura 9), em seguida é importante recortar a cena para apenas a área de estudo com o auxílio da ferramenta “Recortar raster pela camada máscara” com ela é também viável reprojetar a imagem de satélite de WGS 84 para SIRGAS 2000/UTM zona 22N.

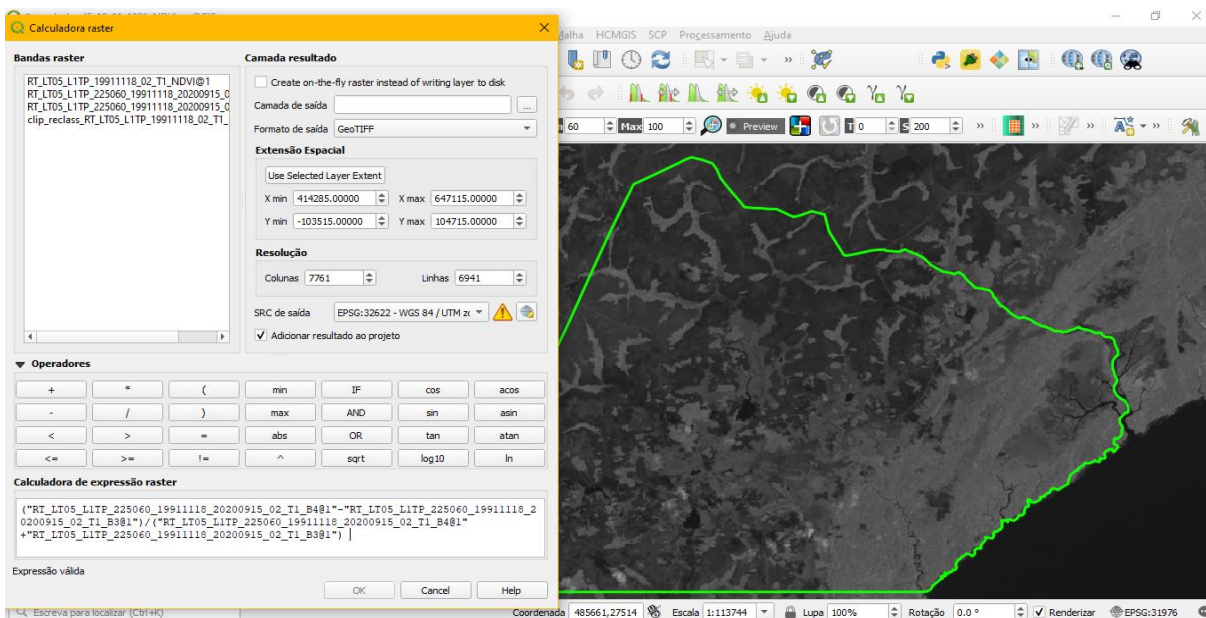


Figura 9 - Determinação do NDVI com o uso da Calculadora Raster.

**Fonte:** Landsat 5 (1991).

A etapa seguinte é de reclassificar os pixels da imagem para a uma escala definida, desse modo é possível organizar e extrair mais informações como por exemplo mensurar a área dos pixels e identificar a qual classe de NDVI pertence. A escala definida e o intervalo de NDVI estão descritos na tabela 2:

Faixa de NDVI	Cor	Classe
-1.00 – 0.100		Corpos hídricos
0.101 – 0.200		Solo Altamente Exposto
0.201 – 0.300		Solo Moderadamente exposto
0.301 – 0.400		Solo Exposto com pouca Vegetação Rasteira
0.401 – 0.500		Vegetação Rasteira
0.501 – 0.600		Vegetação Rasteira e Arbustiva
0.601 – 0.700		Vegetação Arbustiva e Arbórea
0.701 – 0.800		Vegetação Arbórea
0.801 – 0.900		Vegetação Arbórea
0.901 – 1.00		Vegetação altamente arbórea

Tabela 2 - Tipos de terreno e faixas de NDVI.

**Fonte:** Autor (2022).

Posteriormente foi aplicada a paleta de cores descrita anteriormente, representando o NDVI de cada pixel conforme a Figura 10. Seguidamente a ferramenta “R.Report” do próprio Qgis foi empregada para mensurar em hectares cada cena de satélite e seu representativo NDVI.

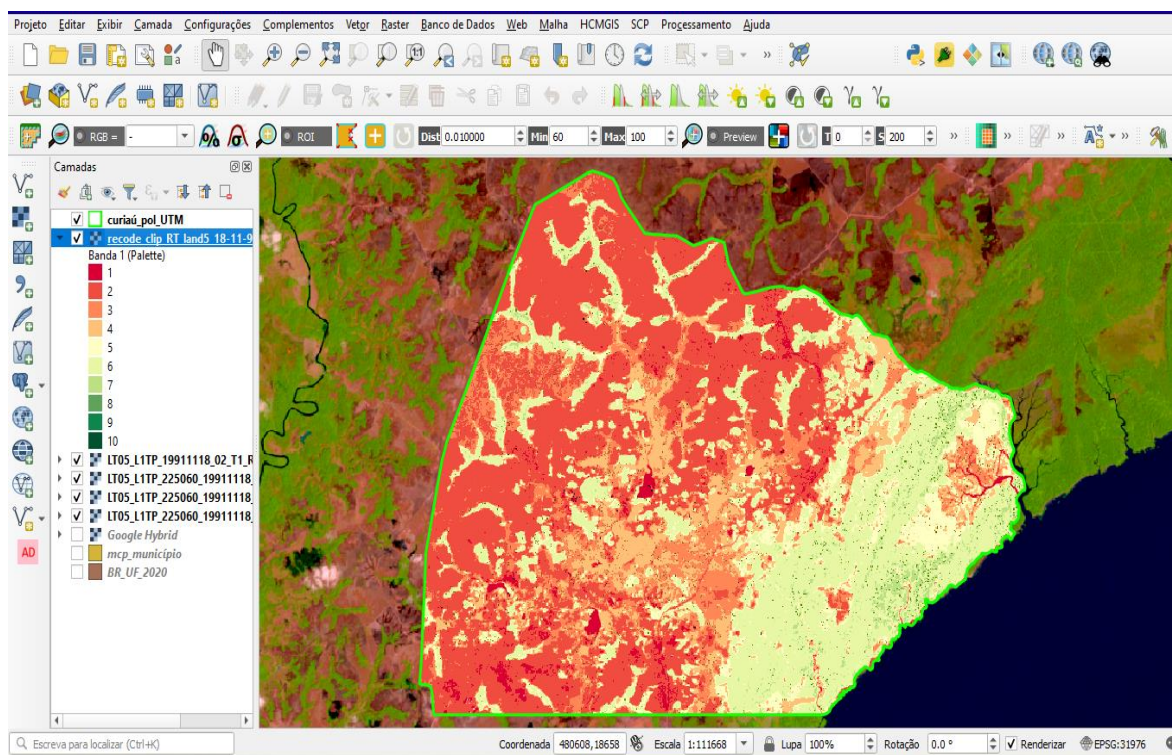


Figura 10 - Aplicação da reclassificação dos pixels e da paleta de cores de NDVI.

**Fonte:** Autor (2022).

Ademais foi elaborado os mapas temáticos dos respectivos períodos de 1991 a 2022 por meio da opção “novo compositor de impressão” do próprio QGIS. Com isso foram agrupados quatro períodos por layout contendo a área representativa do NDVI, área em hectares e a cena de satélite.

## 8 RESULTADOS E DISCURSSÃO

As datas selecionadas para esta pesquisa estão descritas de acordo com a Tabela 3. Nela constam os períodos com o respectivo modelo de satélite utilizado, vale ressaltar que a presente série temporal não abrange todos os anos devido à alta nebulosidade que ocorre da área de estudo. O Amapá é recortado pela linha do Equador. O estado é em grande parte coberto por densas nuvens que de forma direta interferem na captação boas de cenas de satélite para a APA do Rio Curiaú, todavia o satélite Landsat 5 apresenta um extenso registro histórico das imagens do planeta de 1984 a 2011, desse modo foi possível utilizar alguns dados deste satélite.

DATA	SATÉLITE
18/11/1991	LANDSAT 5
02/11/1997	LANDSAT 5
24/07/2001	LANDSAT 5
29/08/2008	LANDSAT 5
23/06/2013	LANDSAT 8
19/10/2015	LANDSAT 8
28/06/2016	SENTINEL 2A
08/06/2022	LANDSAT 9

Tabela 3 - Relação das cenas adquiridas para a série temporal.

**Fonte:** Autor (2022).

O período de novembro de 1991 (Figura 11) é teoricamente o mês de transição entre a estação seca e a chuvosa, contudo, houve registro de resultados expressivos de baixos índices de NDVI na faixa de 0.101 a 0.200 representando uma área de aproximadamente 8.421 hectares (38,88%), segundo a tabela 1 o ano de 1991 é classificada como solo altamente exposto ou com baixíssima captura de atividade fotossintética. Outro aspecto a ser observado é a segunda maior faixa de NDVI 0.501 a 0.600 retratando a área de 4.726 hectares (22%), sendo considerada uma passagem entre vegetação rasteira e vegetação arbustiva.

O ano de 1997 (Figura 11) foi constatado índice de NDVI na faixa de 0.101 a 0.200 equivalente a 5.686 hectares ou 26,10% da área total e sendo classificado como solo altamente exposto. O segundo maior valor de NDVI em relação a área total da APA foi de 0.501 a 0.600 que condiz com 3.703 hectares ou 17% da área protegida, com destaque para vegetação rasteira e arbustiva. Vale frisar as características naturais do ecossistema da APA, ela é composta por lagos temporários e campos inundáveis, desse modo, no registro anterior poderia haver áreas alagadas ou lagos temporários reflexos de chuvas anteriores ao período de transição entre as estações

secas e chuvosas, com esses corpos hídricos possivelmente se ofuscou o comportamento espectral da vegetação.

Analisando a primeira década do século XXI, constatou-se a mesma dinâmica da década de 1990, com aumento da área florestada, no período chuvoso e diminuição da cobertura vegetal, no período seco. A Figura 11 expõe os dados coletados com a utilização das imagens de satélites.

Examinando os dados obtidos em julho de 2001 (Figura 11), estação chuvosa, verificou-se o NDVI no intervalo de 0.301 a 0.400 correspondente a área aproximada de 5.728 hectares (26,30%), sendo classificada como solo exposto com pouca vegetação, outro intervalo de NDVI com resultados expressivos foi de 0.701 a 0.800 representando uma área de 4.894 hectares (22,47%), categorizado como vegetação arbórea. A temporada pluviométrica indica a influência nos valores de NDVI permanecendo estáveis, o que comprova o comportamento cíclico regido pelas características savaníticas da APA, em outras palavras, a chuva contribui com o vigor vegetal e consequentemente com melhores índices de NDVI.

Em 2008 foi constatado no intervalo de NDVI entre 0.301 a 0.400 cerca de 5.545 hectares (25,49%), categorizado como a presença mínima da vegetação rasteira nessa região representativa. No mês de julho conforme a figura 11 a estação chuvosa é a predominante na capital amapaense, como observado nos registros anteriores o vigor vegetativo se mantém estável nessas épocas do ano. Outro intervalo expressivo de NDVI foi o de 0.401 a 500 retratando uma área de 4.154 hectares (19,09%), classificada como ambiente de vegetação rasteira.

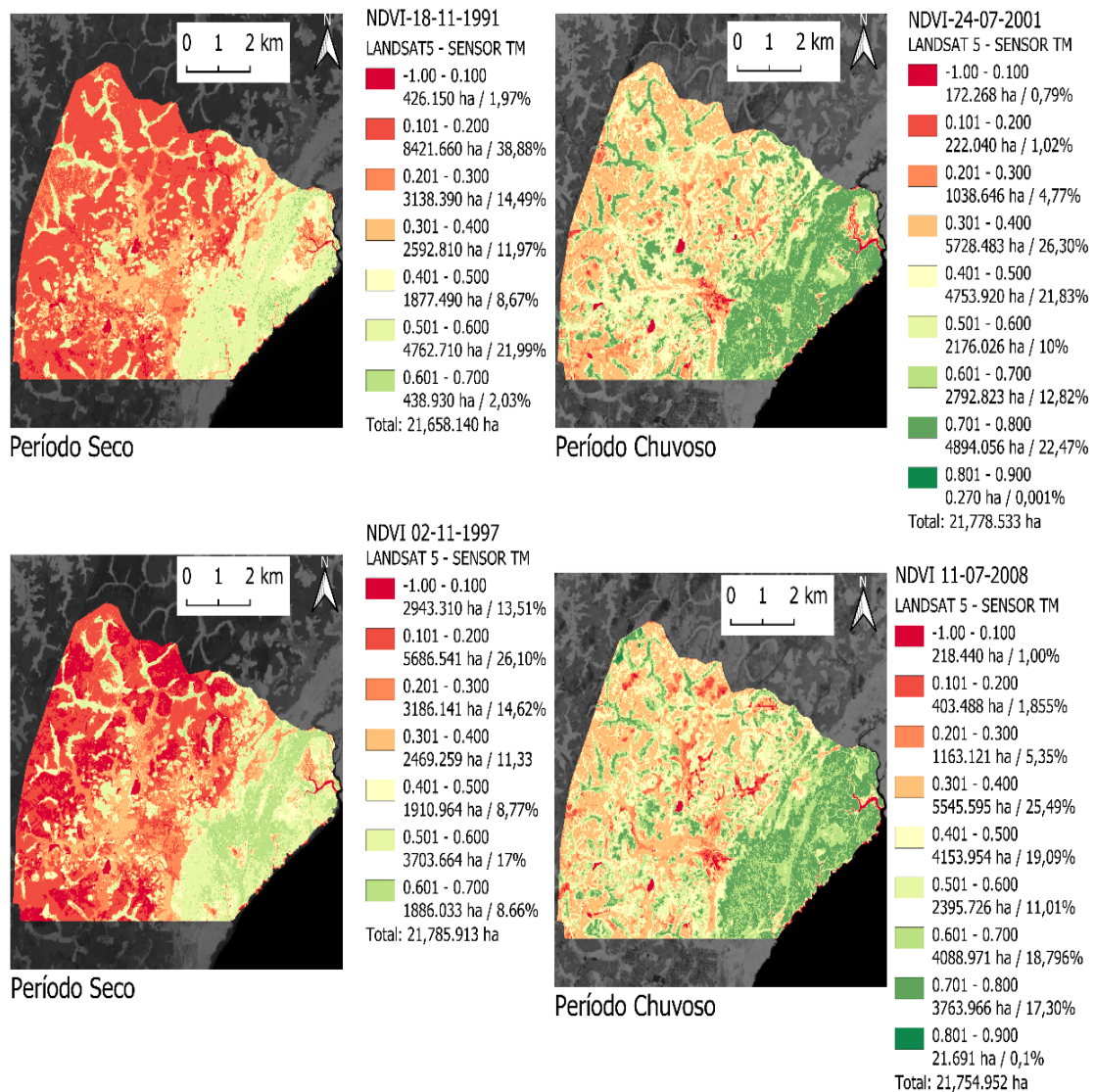


Figura 11 - Série temporal de NDVI de 1991 a 2008.

**Fonte:** Autor (2022).

Um trabalho de diagnóstico ambiental do estado do Amapá datado em março de 1993 levantou alguns aspectos relevantes a serem considerados sobre a APA do Rio Curiaú que na época era reconhecida como Área de Relevante Interesse Ecológico e Cultural do Curiaú - ARIEC, Marques (1993) destaca a importância da conservação do ecossistema, da fauna, da flora, das belezas cênicas. Contudo o autor cita a devastação do ambiente ocasionada pela própria população local, tanto por desconhecimento das consequências da degradação ambiental, como pela especulação turística por meio da instalação de bares no interior de lagos, ou atividades de incursões em mata para caça e pesca da população local. A figura 12 apresenta uma composição colorida de falsa cor (Bandas 5,4,3) da APA no dia 02/11/1997 representando um registro da época.



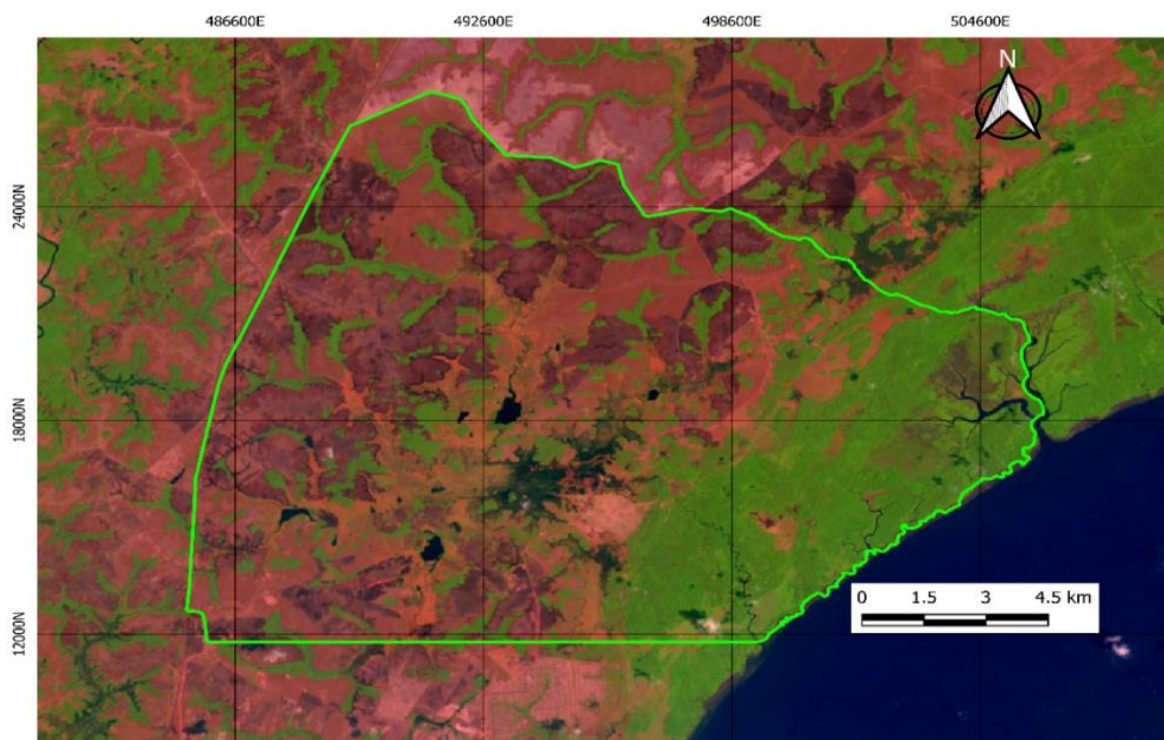


Figura 12 - Composição colorida falsa cor da APA do rio curiaú no dia 02/11/1997.  
**Fonte:** Autor (2022).

Os trabalhos de levantamento em campo de Brito (2017) citam que os residentes do Curiaú e técnicos ligados ao setor da cultura se mobilizaram para solicitar a criação da ARIEC, levando em consideração a importância cultural da comunidade quilombola e a importância da preservação ambiental. Desse modo ARIEC foi criada por meio do decreto estadual nº 24/1990 com uma área de apenas 5.700 hectares, abrangendo apenas a comunidade do Curiaú de Dentro de Curiaú de Fora. Com a pouca reserva de área protegida os baixos índices de NDVI apontam para um ambiente altamente degradado. Vale ressaltar que mesmo com a proteção legal da ARIEC, ela não possuía qualquer planejamento protetivo do ecossistema, ou plano de manejo que pudesse orientar a melhor utilização dos recursos naturais de forma racional.

A comunidade do Curiaú se mantém sobretudo da agricultura de subsistência extensiva, utilizando-se de técnicas rudimentares, restringindo-se de pequenas áreas para o seu cultivo. Nesta atividade, aplica-se a limpeza do terreno com o auxílio de queima da vegetação, derrubada de árvores e posterior preparo do solo com enxada. A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é o principal produto cultivado na comunidade sendo transformado em farinha, as hortaliças em baixa escala são produzidas também pela comunidade, inclusive o extrativismo

de frutíferas como o açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), a pesca para consumo e o aproveitamento de produtos florestais como a madeira, que faz parte dos principais trabalhos extrativistas da população residente. A área escolhida para as atividades agrícolas são comumente os quintais de casa, ou em pequenas propriedades rurais (SILVA et al., 2013). A Figura 13 representa um registro de uma cena de satélite no dia 11 de julho em plena estação chuvosa em Macapá, onde é possível observar a presença parcial de nuvens na região, elas possuem aparência de pequenas manchas brancas no interior e no entorno da APA.



Figura 13 - Composição colorida falsa cor da APA do rio Curiaú no dia 11/07/2008.  
**Fonte:** Autor (2022).

Na segunda década do século XXI (Figura 14), assim como nos períodos anteriores, demonstram alternância entre crescimento e redução da área de vegetação, indicando assim, que o ambiente da APA do Rio Curiaú sofre influência direta do regime pluviométrico concernente ao Amapá. Mas também, da ausência de políticas públicas relacionadas a sustentabilidade da área e da sua população.

Analisando a Figura 14 é importante destacar que em junho de 2013, na faixa de NDVI entre 0.701 a 0.800 a alta representatividade de 6.628 hectares (30,34 %), classificada como vegetação arbórea ou grande incidência de atividade fotossintética captada pelos sensores dos satélites. Embora haja interferência de nuvens no dia do registro da imagem é possível identificar a amplitude da vegetação. O segundo valor expressivo foi na faixa de 0.401 a 0.500

totalizando 23,30% (5.091 hectares) tais valores constituem mais da metade da área da APA e implicam em um equilíbrio entre a vegetação arbórea e arbustiva.

Já em outubro de 2015 (Figura 14), em plena estiagem, os intervalos de NDVI entre 0.701 e 0.800 constituem a área de 5.430 hectares (24,85%) classificado como ambiente de alta densidade de vegetação arbórea, segunda faixa de NDVI de grande significância está entre 0.201 a 0.300 representando a área de 4.988 hectares (22,83%). Outro ponto a se observar é que na porção leste da APA do Rio Curiaú representa a cobertura vegetal de grande expressividade em todos os registros da série temporal.

Ademais em junho de 2016 (Figura 14) os dados apontam na faixa de 0.701 a 0.800 do NDVI representou uma porção territorial de 6.330 hectares (29,07%) conforme a tabela 3 classificada como vegetação arbórea. Seguido do intervalo de NDVI 0.401 a 0.500 correspondendo uma zona de 4.289 hectares (19,69%) caracterizada como vegetação arbustiva. Desse modo os valores representativos estão mais distantes de 0 e apontam a maior presença de vegetação na APA, considerando que este mês contempla o período chuvoso no Amapá.

No ano de 2020 (Figura 14) houve outro registro de grande atividade fotossintintética na zona de 0.701 a 0.800 correspondendo 29,75% (6.494 ha) e 22,52% (4.915 ha) na faixa de 0.401 a 0.500. Este e os registros anteriores demonstram que a dinâmica vegetacional da área se recupera naturalmente, pois, de acordo com as pesquisas em campo, não se observou ações, atividades ou programas que objetivasse a recuperação de áreas degradadas, sendo uma política ambiental distante da realidade das comunidades da APA do Rio Curiaú.



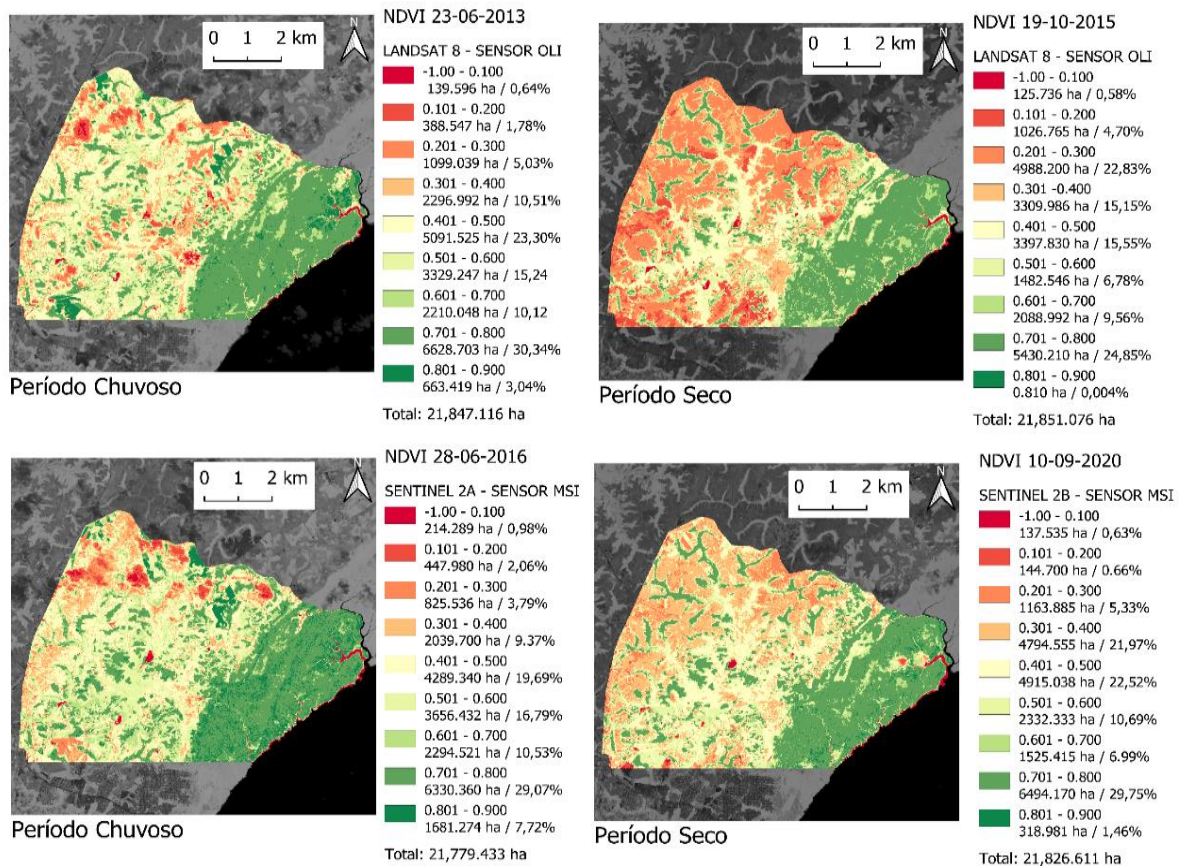


Figura 14 - Índices de NDVI de 2013a 2020

Fonte: Autor (2022).

Foi realizado em 2016 uma pesquisa com a utilização de entrevistas com formulários semiestruturados sobre a percepção ambiental da comunidade do Curiaú. A população amostrada informou questões pertinentes sobre a dinâmica da região, como a frequência da fiscalização ambiental na APA, 27% dos moradores afirmaram que não tinha fiscalização, 24% apontaram que ela ocorre ocasionalmente e 18% responderam que ocorre mediante denúncia. Outra indagação relevante é: a quem os moradores julgam serem as responsáveis pelos problemas ambientais na localidade? 39% não souberam responder, 33 % informaram que seriam os próprios moradores e 18% seriam os visitantes da APA. Sobre as atividades vedadas nos limites da APA 32% dos moradores informaram que era a Pesca predatória, 20% seriam desmatamento e queimadas e 20% a caça ilegal que ocorre nos limítrofes da APA segundo os moradores (COSTA; SILVEIRA JÚNIOR, 2021)

A figura 15 representa a área de estudo no dia 28/06/2016 com a presença de nuvens na região norte, porém é possível notar as diferenças de área verde. A composição é RGB de cor natural (4, 3, 2)

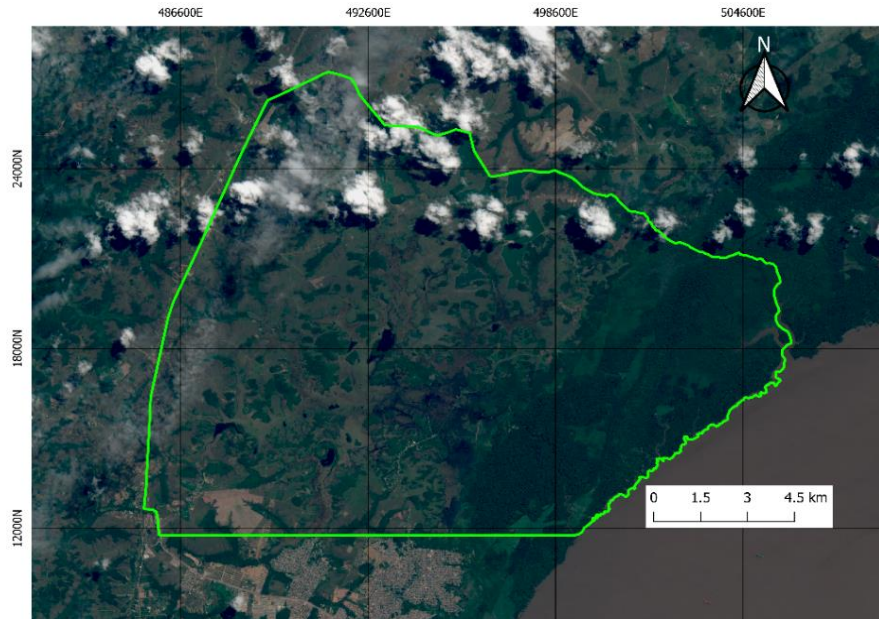
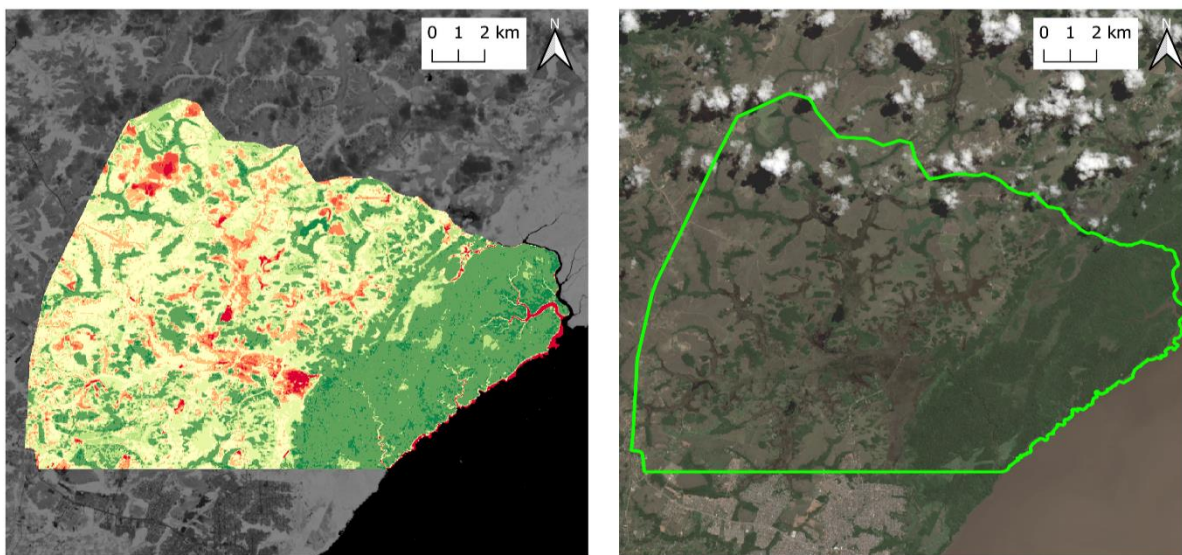


Figura 15 - Composição colorida de cor natural da APA do rio Curiaú no dia 28/06/2016.  
**Fonte:** Autor (2022).

O Registro do dia 08/06/2022 foi o mais recente e com pouca interferência de nuvens na APA, segundo a Figura 16, o período é o mais abundante de atividade fotossintética com 7.176 ha (32,89%) na zona 0.701 a 0.800 de NDVI e de 4.795 ha (21,98%) na faixa de 0.401 a 0.500 de NDVI.



**NDVI 08-06-2022 - Período Chuvoso**

LANDSAT 9 - SENSOR OLI 2	0.201 - 0.300	0.401 - 0.500	0.601 - 0.700	0.801 - 0.900
-1.00 - 0.100	633.358 ha / 2,90%	4795.682 ha / 21,98%	2468.539 ha / 11,31%	841.537 ha / 3,86%
0.101 - 0.200	1613.681 ha / 7,395%	3772.067 ha / 17,29%	7176.197 ha / 32,89%	
0.301 - 0.400				
0.501 - 0.600				
0.701 - 0.800				
262.992 ha / 1,205%				
				Total: 21,820.474 ha

Figura 16 - NDVI e composição colorida do dia 08/06 2022.  
**Fonte:** Autor (2022).

Os recentes trabalhos de Brito, Bastos e Bastos (2022) evidenciam a omissão do poder público em fornecer proteção aos ecossistemas e a população tradicional residente. Na pesquisa é apontado o processo de titulação em TRCQ de pelo menos quatro comunidades (São José do Mata Fome, Curralinho, São Francisco da Casa Grande e do Rosa) que estão inseridas na APA, porém possuem a insegurança jurídica que pode fornecer maior proteção legal contra as pressões antrópicas advindas principalmente da expansão da malha urbana de Macapá e da Sojicultura em desenvolvimento no entorno da APA do Rio Curiaú.

## 9 CONCLUSÃO

No princípio da série temporal o ano de 1991 foi evidenciado o menor grau de atividade fotossintética, com índices de NDVI próximos a 0 e com grande representatividade territorial (8.421 hectares ou 38,88%) reflexo da baixa iniciativa pública em demarcar a área ambiental para a sua devida proteção. Com a ausência de políticas públicas de conservação e preservação ambiental, as comunidades tradicionais possuem papel fundamental no zelo e manejo dos recursos ecossistêmicos da área, além da herança cultural única que deve ser mantida pelos poderes públicos (municipal, estadual e federal).

O período de maior cobertura vegetal na série histórica (7.176 hectares ou 32,89% no intervalo de 0.701 a 0.800) é o ano de 2022. É evidente que pode haver períodos mais expressivos que não estão aqui expressos, porém, eles podem ter sofrido interferência da alta nebulosidade na região, desse modo impossibilitando os trabalhos do sensoriamento remoto.

É fundamental frisar as características savaníticas da APA, por estarem diretamente ligadas aos regimes pluviométricos, mais expressivos no período de dezembro a julho, geralmente influenciam no aumento da biomassa e da atividade fotossintética. Nos períodos secos os índices de NDVI foram mais baixos denotando o baixo vigor vegetal, em outras palavras, foi possível perceber que ao longo dos últimos trinta anos a vegetação sempre se comportou de forma cíclica e regulada pelo clima da região.

A APA do Rio Curiaú carece de trabalhos acadêmicos que propiciem a identificação de novas espécies florísticas ou faunísticas que solidifiquem cada vez mais a importância da proteção ambiental na região, ou mesmo transpareça as problemáticas sofridas pelo ecossistema e pela população tradicional residente. Os dados demonstrados anteriormente expõem um ambiente que sofreu e se recuperou nas últimas décadas e infere-se que a dinâmica da cobertura vegetal se relaciona diretamente com o período chuvoso e período seco que ocorre na região amazônica, porém não podemos afirmar até quando essa dinâmica suportará as pressões antrópicas constatadas nas pesquisas realizadas na área.

Por fim, constatou-se uma grande evolução nos índices de NDVI nas três últimas décadas evidenciados pelos mapas temáticos, portanto a hipótese sobre a existência de uma baixa biomassa vegetal e possivelmente atividades de desflorestamento foram observados, mas sob influência dos fenômenos climáticos que a APA é afetada. O Sensoriamento Remoto é uma

excelente ferramenta de análise ambiental que pode ser aplicada para auxiliar nas políticas públicas e no plano de manejo da APA, tal instrumento não exige custos elevados para a sua utilização, além de contribuir na identificação de pontos específicos de degradação ambiental e facilitar os trabalhos de fiscalização e monitoramento ambiental.



## 10 REFERÊNCIAS

- AMAPÁ. **Lei nº 0431**, de 15 de setembro de 1998. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú, no Município de Macapá, Estado do Amapá. Diário Oficial do Estado, nº 1891, 15 set 1998. 1998. Disponível em: [https://documentacao.socioambiental.org/ato\\_normativo/UC/3488\\_20180611\\_161603.pdf](https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/3488_20180611_161603.pdf). Acesso em: 03 out. 2021.
- ANDRADE, Bruno César Comini de. **Estimativa da evapotranspiração real via sensoriamento remoto**. 2018. 168 f. Dissertação (Doutorado) -Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31496/1/Disserta%20Bruno%20Cesar%20Comini.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- BARBOSA, Haroldo Camargo. Aspectos que estruturam o sistema nacional de unidades de conservação da natureza. **Revista Jurídica da UniFil**, [S.l.], v. 5, n. 5, p. 38-54, out. 2018. ISSN 2674-7251. Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/rev-juridica/article/view/613>>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- BRASIL, cadastro nacional de unidades de conservação do ministério do meio ambiente. (CNUC / MMA). (2021) Painel Unidades de Conservação Brasileira. Disponível em< <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNDJiMTk4MGUtYmU0Ny00YzEwLWJmMzctNTZkM2JlMTBmOTlhliwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9&pageName=ReportSection0a112a2a9e0cf52a827>>. Acessado em: 11 jan. 2022.
- BRASIL. **Constituição Federal. Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: < [https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_05.10.1988/art\\_225\\_.asp#:~:text=Do%20Meio%20Ambiente-,Art.,as%20presentes%20e%20futuras%20gera%C3%A7%C3%B5es.>](https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_05.10.1988/art_225_.asp#:~:text=Do%20Meio%20Ambiente-,Art.,as%20presentes%20e%20futuras%20gera%C3%A7%C3%B5es.>). Acesso em: 03 set. 2021.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <[planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)> Acesso em: 9 jan. 2022
- BRITO, Daginete Maria Chaves; BASTOS, Ananda Brito; BASTOS, Cecília Maria Chaves Brito. **ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ EM MACAPÁ/AP:**

- territórios de resistência e a legalização de áreas. **Geo Uerj**, [S.L.], n. 40, p. 1-19, 5 fev. 2022. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2022.64988>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/64988/41186>. Acesso em: 28 set. 2022.
- BRITO, Daguinete Maria Chaves; BASTOS, Cecília Maria Chaves Brito; FARIAS, Rosana Torrinha Silva de. AMBIENTE, CULTURA E TERRITORIALIDADE NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ - AP. **Ciência Geográfica**, Baurú, v. 21, n. 2, p. 342-354, jan. 2017.
- BRYNS, Leonardo Monteiro. **Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13788/000653289.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 dez. 2021.
- Carvalho, D. W., and K. Mustin. 2017. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. Nature Publishing Group 1:0100. Disponível em: [https://www.savanes.fr/wp-content/uploads/2017/04/decarvalho\\_highly-threatened-and-little-known-amazonian-savannahs\\_2017.pdf](https://www.savanes.fr/wp-content/uploads/2017/04/decarvalho_highly-threatened-and-little-known-amazonian-savannahs_2017.pdf) Acesso em: 8 dez. 2022
- CONGEDO, Luca. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. Disponível em: < <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.03172>>. Acesso em: 20 set. 2022.
- COSTA, N. N.; SILVEIRA JÚNIOR, A. M. da. PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE COMUNITÁRIOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DO RIO CURIAÚ, AMAPÁ, AMAZÔNIA, BRASIL: INSTRUMENTO DE CONSERVAÇÃO E GESTÃO. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 40, 2021. DOI: 10.5216/revgeoamb.i40.67539. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/67539>. Acesso em: 28 set. 2022.
- FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Editora oficina de textos, 2002, 97 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/storage/24/4264900/1640745590/UJRC1BQyrRdTWckGB81b3w/4264900.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2021
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 6 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama do município de Macapá, Amapá. 2021.** Disponível em: <https://cutt.ly/ymqJy4R>. Acesso em: 14 jun. 2021.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres.** 2ª Edição. São José dos Campos: Parêntese, 2011. Disponível em : <  
<https://pt.scribd.com/document/531626262/Livro-Sensoriamento-Remoto-Do-Ambiente-Jensen>> Acesso em 31 dez 2021

MARQUES, Valter José; CODEVILLA, Jane Maria. Projeto diagnóstico ambiental da área territorial do estado do Amapá: versão preliminar. 1993. Disponível em: <  
[https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/14206/1/rli\\_diagnostico\\_ambiental\\_amapa.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/14206/1/rli_diagnostico_ambiental_amapa.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2022.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em <  
<http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>> Acesso em: 24 dez 2021

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S., NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora.** Brasília, Embrapa Cerrados, 2008. p. 423-1279.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3 ed. Atual. Ampl. Viçosa: Editora UFV, 2007. 320p. Disponível em: <  
<https://www.docsity.com/pt/documentos/downloading/?id=4818958>> Acesso em: 31 dez.2021

MOURA, Adriana M. de. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. In: MOURA, Adriana M. de (org.). **Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas.** Brasília: IPEA, 2016, p. 13-44. Disponível em: <  
<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8470/1/Trajeto%C3%B3ria%20da%20pol%C3%ADtica%20ambiental%20federal%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2022.

NASCIMENTO, José Luiz Almeida do. Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de conservação: ocupações peri urbanas na Apa margem esquerda do Rio Negro, Manaus. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Landsat 7.** Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-7/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Landsat 9**. Disponível em: < <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>>. Acesso em: 20 set. 2022.
- NICÁCIO, Rosilene Mendonça. **Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia sebal na bacia do rio São Francisco**. 2008. 320 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências em Engenharia Civil., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp058160.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR\\_DPI7.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf). Acesso em 8 jan. 2022.
- PETEAN, Felipe Coelho de Souza. **Uso de imagens hiperespectrais e da tecnologia LiDAR na identificação de espécies florestais em ambiente urbano na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/D.11.2015.tde-28102015-171744. Disponível em : < [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-28102015-171744/publico/Felipe\\_Coelho\\_de\\_Souza\\_Petean\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-28102015-171744/publico/Felipe_Coelho_de_Souza_Petean_versao_revisada.pdf)> Acesso em: 31 dez 2021.
- RODRÍGUEZ, Ana Cristina Machado. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.8.2006.tde-07042006-150606. Acesso em: 26 dez. 2021.
- SANTOS, Neuma Teixeira dos. **Classificação automática de cobertura vegetal em imagens aéreas e orbitais para uso em planejamento energético**. Orientador: Brígida Ramati da Rocha Pereira. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/2895>. Acesso em:01 Jan 2022
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO AMAPÁ. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú**. Macapá: SEMA, 2007. Disponível em: < <https://sigdoc.ap.gov.br/public/verArquivo.jsf?token=e1c36b05e4580d58719ff5de2f773fcc> >Acesso em: 31 ago. 2021
- SILVA, R.B.L. *et al.* Caracterização Agroecológica e Socioeconômica dos Moradores da

Comunidade Quilombola do Curiaú, Macapá-AP, Brasil. *Biota Amazônia*, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 113-138, 30 dez. 2013. *Revista Biota Amazonia*. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n3p113-138>. Disponível em: <http://www.bibliotekevvirtual.org/revistas/BIOTA/v03n03/v03n03a11.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.

SOUZA FILHO, C. R., AUGUSTO, V., OLIVEIRA, W. J., & LAMMOGLIA, T. 2008. **Deteção de exsudações de hidrocarbonetos por geobotânica e sensoriamento remoto multi-temporal: estudo de caso no Remanso do Fogo (MG)**. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2 suppl), 228-243. Disponível em: <<https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/download/8173/7453>> Acesso em: 9 jan. 2022

SOUZA FILHO, C. R.; CRÓSTA, A. P. Geotecnologias aplicadas à Geologia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 1-4, jun/2003.

U.S. Department of the Interior (USGS). **Landsat 5**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>. Acesso em: 20 set. 2022.

U.S. Department of the Interior (USGS). **Landsat 8**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>. Acesso em: 20 set. 2022.

U.S. Department of the interior (USGS). *Landsat Missions*. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>>. Acesso em: 20 set. 2022.

ZEE. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá primeira aproximação do ZEE**. 3 ed. Macapá: IEPA, 2008. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/macrodiagnostico.pdf> Acesso em: 8 dez. 2022

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### ARTIGO SUBMETIDO

#### **SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE AMBIENTAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL RIO CURIAÚ, MACAPÁ/AP**

#### **REMOTE SENSING AS AN ENVIRONMENTAL ANALYSIS TOOL IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA RIO CURIAÚ, MACAPÁ/AP**

Klauton Vieira Rodrigues<sup>1</sup>

Daguinete Maria Chaves Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Macapá, AP. Autor correspondente: klauton.rodrigues@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Professora dos Cursos de Graduação em Geografia e de Pós-graduação em Geografia e Ciências Ambientais da UNIFAP, Campus Marco Zero (AP)

#### **Resumo**

A Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú é uma unidade de conservação que oferece diversos recursos ecossistêmicos para à população local e visitantes. O objetivo da pesquisa foi analisar o processo de desflorestamento da área, no período de 1991 a 2022. Metodologicamente é uma pesquisa baseada na observação não participante e utilização de imagens de satélites, em conjunto com técnicas de sensoriamento remoto, aplicando especificamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Os resultados mostraram períodos de redução da atividade fotossintética, contudo, houve épocas de evidente recuperação do ambiente, em especial no ano de 2022. Os mapas temáticos corroboram com as pesquisas realizadas na área e evidenciam um comportamento cíclico dos Índices de Vegetação por Diferença Normalizada influenciados pelas alterações ambientais sofridas pela população residente como o desenvolvimento da monocultura da soja na savana amapaense. A climatologia da capital amapaense também afetou os dados de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, ou seja, os índices são mais elevados nas estações chuvosas e menos expressivos nos períodos de estiagem em Macapá.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, Áreas Protegidas, desflorestamento.

#### **Abstract**

The Curiaú River Environmental Protection Area is a conservation unit that offers various ecosystem resources for the local population and visitors. The objective of the research was to analyze the deforestation process of the area from 1991 to 2022. Methodologically it is a research based on non-participant observation and use of satellite images, together with remote sensing techniques, specifically applying the Normalized Difference Vegetation Index. The results showed periods of reduction in photosynthetic activity, however, there were times of evident recovery of the environment, especially in 2022. The thematic maps corroborate the research conducted in the area and evidence a cyclical behavior of the Vegetation Indices by

Normalized Difference influenced by the environmental changes suffered by the resident population as the development of soybean monoculture in the amapaense savannah. The climatology of the capital of Amapá also affected the data of Vegetation Index by Normalized Difference, that is, the indexes are higher in the rainy seasons and less expressive in the dry periods in Macapá.

**Keywords:** Geoprocessing, Normalized Difference Vegetation Index, Protected Areas, deforestation.

### **Introdução**

A área de proteção ambiental (APA) do Rio Curiaú, em Macapá, no estado do Amapá, é uma unidade de conservação (UC) de uso sustentável, nesta condição permite a presença humana e o uso racional da natureza. A área está sob gestão da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Amapá (SEMA/AP) e contempla em seus limites um Território Remanescente de Comunidade Quilombola (TRCQ do Curiaú), uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN Paraíso) e parte de duas Comunidades Remanescente de Quilombo (CRQ do Rosa e de São José do Mata Fome), além de ser recortada por rios, igarapés e lagos, ou seja, com vastas áreas de preservação permanente (APP) e como a unidade permite a propriedade privada da terra, é contemplada, também, com reserva legal (RL).

Embora a APA esteja sob tutela de diversas normas legais que tem por finalidade a proteção e conservação socioambiental, além da preservação da natureza, a área vem sendo ameaçada com a expansão da monocultura da soja, no cerrado amapaense, e com a expansão da malha urbana de Macapá. Tendo como consequências a especulação pela terra e a existência da ocupação de populações em vulnerabilidade socioeconômica no entorno da APA. Neste contexto a UC vem sofrendo pressões em seu entorno e internamente. Como plano defensivo territorial comunidades tradicionais existentes na área (Curiaú de Fora e Curiaú de Dentro) promoveram, ainda na década de 1990, a implantação de uma comunidade denominada Extrema no limite sul da APA, com a finalidade de restringir o avanço populacional em direção a unidade advindo da expansão da cidade de Macapá.

A APA foi inicialmente instituída, como Área de Relevante Interesse Ecológico e Cultural (ARIEC), com a emissão do Decreto Estadual nº 0024/1991; no ano seguinte a área da UC foi ampliada e houve a alteração da categoria para APA do Curiaú, com a publicação do Decreto Estadual nº 1.417/1992. Entretanto, no final do século, o decreto foi revogado pela Lei Estadual nº 0431/1998, que criou a APA do Rio Curiaú. Mesmo após mais de duas décadas da última alteração, a área não possui um planejamento oficial, o que demonstra descaso do poder público com a conservação, preservação e manejo sustentável da área. Porém, com auxílio de pesquisas no *site* da SEMA/AP foi possível obter informações sobre a existência de um Plano de Manejo, elaborado em 2007, sendo que o planejamento não é considerado pelo Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) e as informações socioeconômicas e ambientais estão desatualizadas.

Com base em pesquisas bibliográficas, observações *in loco* (observação não participante) e acesso a informações contidas no *site* da SEMA/AP é admissível considerar que existem alterações ambientais, como o desflorestamento, que ocorre a partir de desmatamentos, queimadas e incêndios, dentro e no entorno da APA. É com o objetivo de analisar esse processo que a pesquisa foi estruturada.

### **Sensoriamento remoto**

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de grande valia que também faz parte das geotecnologias, que é a ciência da aquisição de informações sobre um objeto, fenômeno ou área

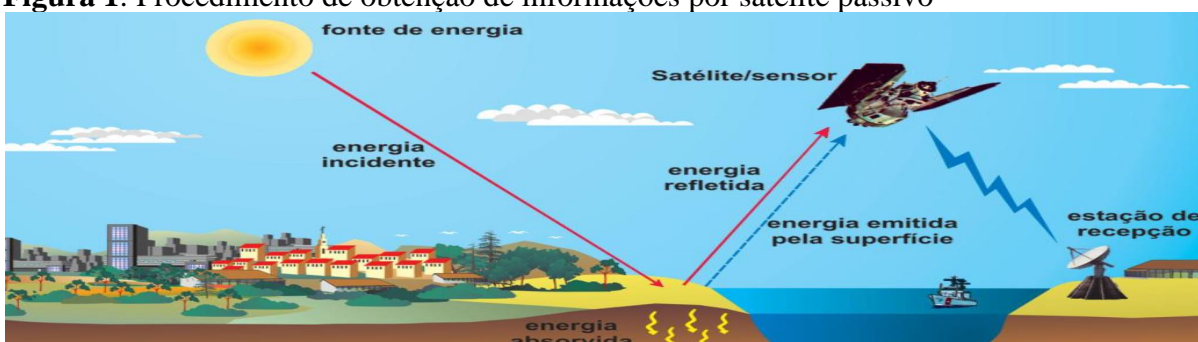


por meio de equipamentos que não entram em contato direto com o objeto de estudo. O sensoriamento remoto também pode ser compreendido como um conjunto de atividades que possibilitam identificar informações a respeito de um objeto que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de sua proximidade física entre essa superfície e o sensor. Tais atividades implicam em constatar, adquirir e analisar a energia eletromagnética emitida ou refletida por objetos terrestres e captadas por sensores remotos (NICÁCIO, 2008).

Os sensores utilizados na captação das informações podem ser passivos, ou seja, precisam da radiação eletromagnética para interagir com o objeto de estudo. A radiação utilizada é simplesmente a luz do sol como fonte de energia, já os sensores ativos são aqueles que possuem sua própria fonte de radiação capaz de extrair as informações de um alvo na superfície da terra sob qualquer condição atmosférica (RODRÍGUEZ, 2005).

Dependendo das características, físicas, químicas ou biológicas de um alvo na superfície terrestre, ele pode se comportar de uma forma intrínseca ao refletir uma quantidade de radiação incidente em faixas de comprimento de onda do espectro eletromagnético. Esse comportamento é denominado de assinatura espectral. De maneira geral, o sensoriamento remoto é baseado no alvo ou objeto a ser investigado, fonte de energia (sendo o sol ou radiação própria), um caminho de transmissão e um sensor (NICÁCIO, 2008). Quando os dados chegam nas estações de recepção eles são transformados em imagens, tabelas e gráficos sendo passíveis de serem interpretados, e conseqüentemente, sendo possível obter informações do globo terrestre (FLORENZANO, 2002). A Figura 1 demonstra esse processo.

**Figura 1:** Procedimento de obtenção de informações por satélite passivo



Fonte: Florenzano (2002).

O sensoriamento remoto pode obter qualquer informação da superfície da terra podendo ser por meio de sensores orbitais (satélites) ou fotografias (aerotransportados) (NASCIMENTO, 2009). Assim, a radiação eletromagnética após permear a atmosfera e alcançar os alvos, a energia incidente é fracionada em três partes: uma parte é absorvida, outra é transmitida e a restante é refletida de volta para o espaço. Com essas condições os sensores são capazes de captar as informações provenientes dos alvos (RODRÍGUEZ, 2005).

Infere-se que todo corpo que possui temperatura acima de 0 grau kelvin pode emitir radiação eletromagnética (BRYSS, 2008). Os corpos com essa temperatura apresentam uma agitação aleatória de suas partículas dos átomos e das moléculas. Quando se colidem alteram o seu estado de energia e emitem radiação eletromagnética, de modo que quanto maior sua temperatura maior será o seu potencial irradiante de energia (MENESES; ALMEIDA, 2012). O sol e a terra são fontes naturais de energia eletromagnética utilizadas no sensoriamento remoto da superfície da terra.

Há infinidade de elementos presentes na superfície terrestre a exemplo do solo, água e vegetação. Eles possuem comportamentos reflexivos e emissivos de radiação distintos (ANDRADE, 2018). Desta forma cada objeto possui um espectro eletromagnético

característico. A captura da radiação por sensores em algumas bandas espectrais permite identificar os objetos, estimar o estado em que se encontram, realizar inferências a seu respeito e dos fluxos decorrentes, como por exemplo, a evapotranspiração.

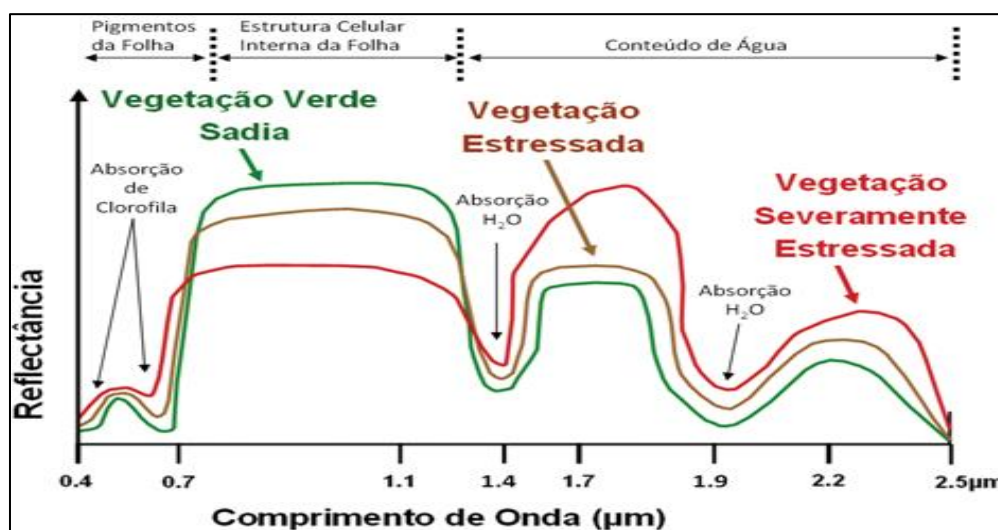
### Índice de vegetação

A utilização do sensoriamento remoto em coberturas vegetais se destina a assimilar a aparência de uma determinada vegetação contida em um produto do sensoriamento remoto, onde nesse procedimento de assimilação envolve parâmetros, fatores ambientais e procedimentos complexos, há exemplo de um dossel que é composto por folhas, galhos e frutos. Um fluxo de radiação incidente sobre qualquer um desses elementos pode desencadear dois processos: Absorção e espalhamento, o espalhamento é subdividido em reflexão e transmissão por meio do elemento. A direção do fluxo radiante incidente em um dos elementos do ambiente depende das características do fluxo (ângulo de incidência, polarização e comprimento de onda) e das características físico-químicas dos elementos da vegetação (NOVO; PONZONI, 2001).

As folhas apresentam três funções: respiração, transpiração e fotossíntese. A respiração é o processo de absorção do oxigênio ( $O_2$ ) e liberação de gás carbônico ( $CO_2$ ) por meio dos estômatos. A transpiração é o procedimento de liberação de vapor d'água para o ambiente, também realizado nos estômatos. A fotossíntese é o único processo que está diretamente envolvido com a radiação solar, os outros dois processos se destinam a reações químicas que ocorrem na planta (quebra de moléculas de substâncias produzidas na fotossíntese) para adquirir a energia suficiente para a sua sobrevivência (MOREIRA, 2007).

Quando uma planta está sob estresse ou sua produção de clorofila é comprometida a ausência de clorofila promove a diminuição da absorção de energia nas regiões de absorção de clorofila (Figura 2). Essas plantas terão maior reflectância na região do verde e vermelho do espectro, aparentando estar amarelada ou clorótica. A reflectância no infravermelho é um indício consistente de estresse, apenas quanto acontece severa desidratação foliar (JENSEN, 2011).

**Figura 2** - Curvas espectrais de uma vegetação sadia e estressada



Fonte: Souza et al. (2008).

O intervalo do infravermelho próximo ( $0,7 - 1,3\mu m$ ) é onde os pigmentos são transparentes, a radiação é transmitida ou refletida e a absorção é mínima ( $<10\%$ ). A água na parte interna da folha não gera bandas de absorção intensa. A região conhecida como *red edge*

(ou borda vermelha) é onde a reflectância passa de 5% para 50%, ao modo que as folhas espessas possuem reflectância maior que a transmitância. As folhas secas (ausência de água e pigmentação) possuem reflectância de aproximadamente 80%. A zona do infravermelho de ondas curtas (1,3 – 2,5µm) é definida pela abundância de água na estrutura foliar, com bandas de captação centradas em 1,45µm e 1,95µm. Neste intervalo do espectro transcorrem as feições de captação de celulose, amido, compostos bioquímicos e lignina (SOUZA FILHO et al. 2008).

O Normalize Difference Vegetation Index<sup>2</sup> (NDVI) é linearmente proporcional à biomassa, também é mais adequado quando se destina a realizar comparações ao longo do tempo de uma mesma área, pois é previsto ser menos influenciado pelas alterações das condições atmosféricas. Tal índice pode ser aplicado para mensurar o índice de área foliar, determinação da porcentagem de cobertura do solo, aferição da radiação fotossinteticamente ativa, que foram usadas em vários modelos de pesquisa da fotossíntese e sequestro de carbono (MENESES; ALMEIDA, 2012). Assim, o NDVI é definido pela Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

A equação envolve a diferença e a soma das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e, varia de valores que vão de -1 a +1. Onde valores negativos correspondem a presença de corpos d'água e ausência de vegetação; valores tendenciosos a 0 compreendem a presença de solos expostos e valores aproximados a 1 indicam a presença de cobertura vegetal.

### Área de Estudo

A APA do Rio Curiaú, de acordo com a Lei Federal nº 9.985/2000 – que estabeleceu o Sistema de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), é uma UC de uso sustentável criada por meio da Lei Estadual nº 0431/1998 e possui o objetivo de proteger, conservar e preservar os recursos naturais presentes na área, proporcionando melhorias na qualidade de vida da população tradicional residente (AMAPÁ, Lei nº 0431/1998).

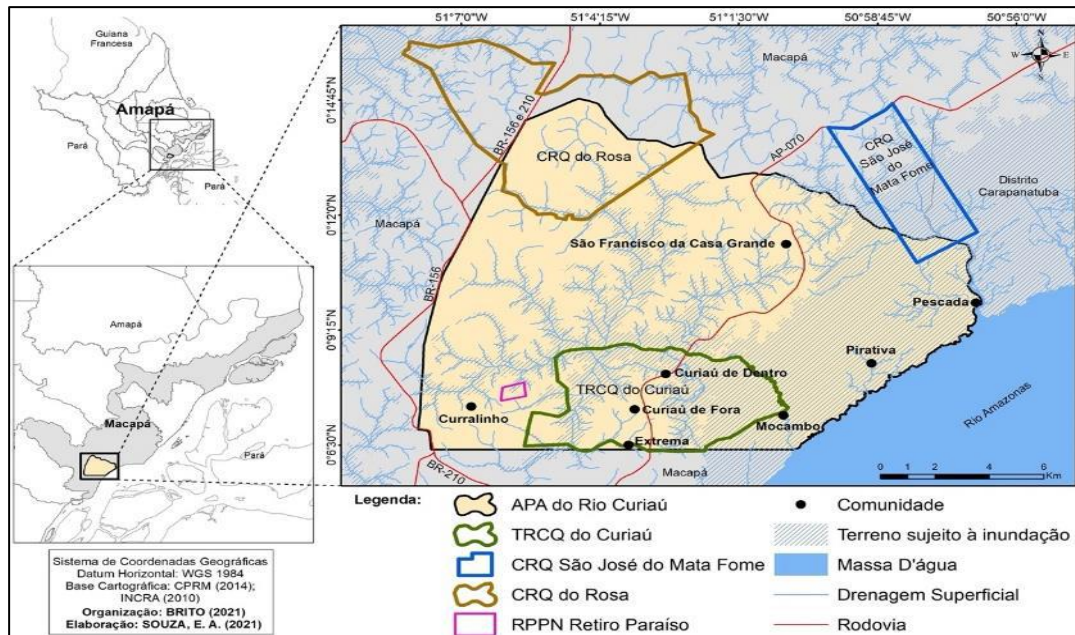
Historicamente a APA foi inicialmente concebida com a instituição da ARIEC do Curiaú, que ocorreu por iniciativa da população residente e técnicos ligados ao setor da cultura, que se mobilizaram para solicitar a sua criação, levando em consideração a importância cultural das comunidades quilombolas e da preservação ambiental. Desse modo ARIEC foi criada com uma área de apenas 5.700 hectares, abrangendo apenas as comunidades do Curiaú de Dentro e Curiaú de Fora. Assim, com reduzida área, há registro de os baixos índices de NDVI que apontam para um ambiente altamente degradado, pois a ARIEC envolvia apenas ambientes das duas comunidades (BRITO et al, 2017).

A APA (Figura 3) abriga as comunidades: Curiaú de Fora, Curiaú de Dentro, Extrema (que também pertencem ao TRCQ do Curiaú), Casa grande, Curralinho, Mocambo, Pirativa e Pescada, Além destas comunidades, estão presentes ao norte da APA, partes das CRC do Rosa e São José do Mata Fome e a RPPN Paraíso. A população residente na APA apresenta singular perfil étnico-cultural, derivado da sua cultura afro-brasileira. Em relação a cultura, uma das principais manifestações são as festas religiosas em devoção a santos católicos (BRITO; DRUMMONT, 2022).

---

<sup>2</sup> Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (tradução livre).

**Figura 3 - Área de Proteção Ambiental do rio Curiaú**



Fonte: Brito et al (2022).

A área da APA do Rio Curiaú é composta por ecossistemas como: savanas, matas de galerias e ilhas de matas, que se distribui em toda a porção oeste e ocupa uma área de 9.632,32 hectares (43,31% da APA); florestas de Várzea que representa 20,8% da UC, abrangendo 4.632,71 hectares, distribuído em uma faixa da orla fluvial por volta de 5 km no sentido sul/nordeste; campos de várzea representada por uma vegetação característica herbácea, com a abundância de macrófitas aquáticas, sendo renovadas todo ano devido as variações de inundações, ocupam 5.007,93 hectares ou 22,51% da área. A espécie arbustiva predominante na área é o aturiá (*Machaerium lunatum*). O restante da área é ocupado por atividades humanas.

As comunidades da APA do Rio Curiaú se mantêm, sobretudo, da agricultura de subsistência extensiva, utilizando-se de técnicas rudimentares, restringindo-se de pequenas áreas para o seu cultivo, ocorrendo a limpeza do terreno por meio da queima da vegetação, derrubada de árvores e posterior preparo do solo com enxada. A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é o principal produto cultivado nas comunidades sendo transformado em farinha; as hortaliças em baixa escala são, também, produzidas pelas comunidades; há, ainda, nas comunidades o extrativismo do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*); a pesca para consumo e o aproveitamento de produtos florestais como a madeira. Essas são as principais atividades exercidas pelas populações residentes. A área escolhida para as atividades agrícolas são comumente os quintais de casa ou pequenas propriedades rurais (SILVA et al., 2013).

## Metodologia

O tipo de pesquisa selecionada para o presente estudo é do tipo estudo de caso, trata-se de um estudo minucioso baseado em um ou poucos objetos, tal que seja possível obter informações gerais e aprofundadas da área (GIL, 2008). Os dados considerados foram qualitativos por apresentarem descrições da vegetação, assim como valores numéricos e percentuais da cobertura vegetal da UC. Para a obtenção de informações bibliográficas foram consultadas as bases de dados *SciELO*, *Web of Science* e a Biblioteca digital de Teses e



Dissertações, com um recorte temporal de 1991 a 2022, exceto para literaturas e conceitos clássicos.

As imagens de satélites Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Landsat 9 e Sentinel 2 foram obtidas de forma gratuita no portal do USGS. No site é possível importar um arquivo Keyhole Markup Language (KML) ou Shapefile (SHP), ambos são arquivos que contêm dados geoespaciais, inclusive foi solicitado e cedido pela SEMA/AP o arquivo SHP da APA do Rio Curiaú para aprimorar os resultados da pesquisa. Posteriormente foi selecionado os parâmetros da pesquisa das cenas de satélite que seguiram basicamente o mesmo processo: Data Set, Landsat, Landsat Collection 2 Level 1 e selecionar os satélites desejados. A coleção 2 level 1 foi escolhida devido a recomendação do próprio portal USGS, onde as cenas de nível 1 (L1TP) são consideradas adequadas para análise de séries temporais, inclusive os dados são corrigidos com precisão de terreno, radiometria e geometria bem caracterizada.




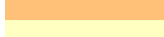
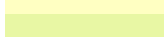




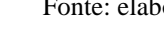
Devido as condições de alta nebulosidade na região amazônica, foi necessário realizar uma análise minuciosa de cada cena de satélite, a fim de verificar a obstrução mínima de nuvens na área de estudo. Na própria plataforma existe um filtro de pesquisa que mostra cenas com oclusão de nuvens menor que 10%, contudo poucas cenas foram selecionadas, então foi necessário verificar cenas classificadas com mais de 20% de obstrução de nuvens para expandir a quantidade de dados obtidos.

Executada a aquisição das cenas de satélite, as informações foram importadas para o software Quantum Gis (QGIS) versão 3.22.2. Vale destacar que o programa é de código aberto e gratuito. Nele é possível fazer o manejo, edição e avaliação de dados georreferenciados. Os dados necessários para a realização do NDVI são as bandas do vermelho e infravermelho próximo que pode variar a cada satélite.

No programa QGIS existe uma biblioteca de *plugins* e nela Congedo (2021) elaborou uma aplicação em linguagem *Python* denominada de *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), por meio dela é possível realizar o pré e pós-processamento de cenas de satélite, fundamental no sensoriamento remoto. As bandas correspondentes ao vermelho e infravermelho foram importadas ao SCP.

Em seguida foi necessário calcular o NDVI, com utilização da calculadora *Raster* do próprio QGIS. Após esse processo é importante recortar a cena para apenas a área de estudo com o auxílio da ferramenta “recortar raster” pela camada máscara com ela é também viável reprojeter a imagem de satélite de WGS 84 para SIRGAS 2000/UTM zona 22N. A etapa seguinte foi a de reclassificar os *pixels* da imagem para a uma escala definida, desse modo é possível organizar e extrair mais informações como por exemplo mensurar a área dos *pixels* e identificar a qual classe de NDVI pertence. A escala definida e o intervalo de NDVI estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1** - Tipos de terreno e faixas de NDVI

Faixa de NDVI	Cor	Classe
-1.00 – 0.100		Corpos hídricos
0.101 – 0.200		Solo Altamente Exposto
0.201 – 0.300		Solo Moderadamente exposto
0.301 – 0.400		Solo Exposto com pouca Vegetação Rasteira
0.401 – 0.500		Vegetação Rasteira
0.501 – 0.600		Vegetação Rasteira e Arbustiva
0.601 – 0.700		Vegetação Arbustiva e Arbórea
0.701 – 0.800		Vegetação Arbórea
0.801 – 0.900		Vegetação Arbórea
0.901 – 1.00		Vegetação altamente arbórea

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

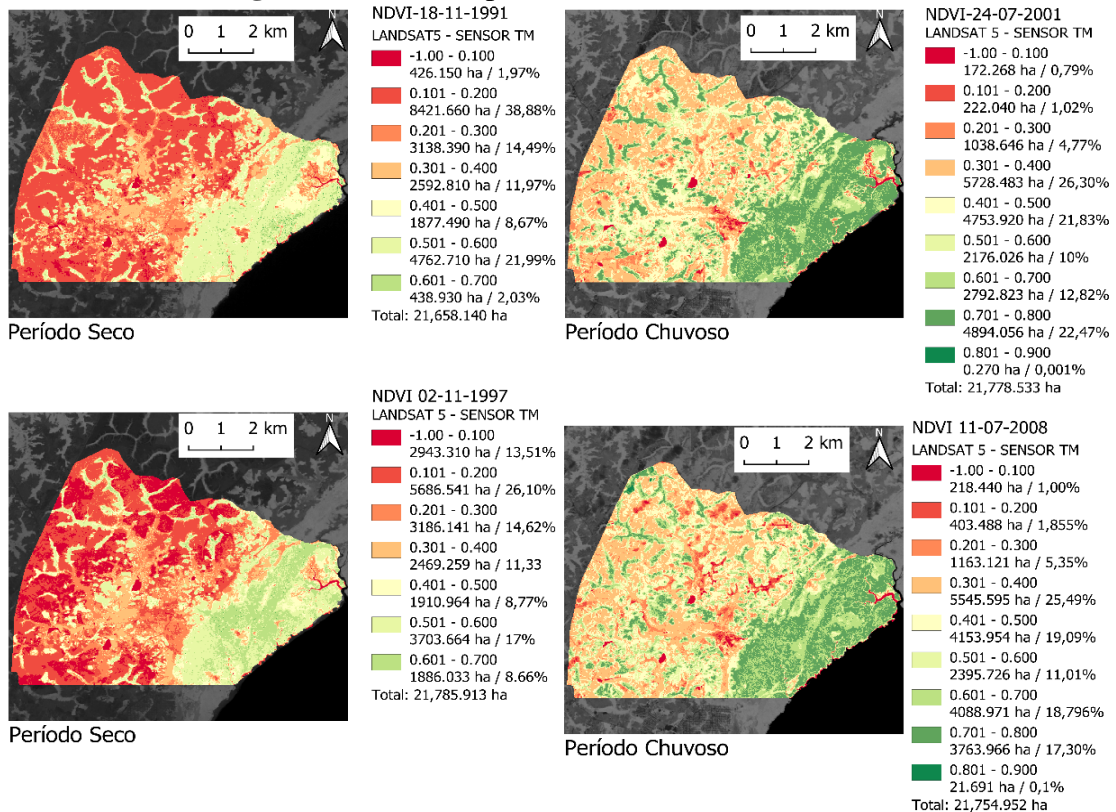
Posteriormente foi aplicada a paleta de cores descritas na tabela 1, representando o NDVI de cada *pixel*. Em seguida a ferramenta ‘R.Report’ do próprio QGIS foi empregada para mensurar em hectares cada cena de satélite e seu representativo NDVI. E para finalizar os procedimentos foi elaborado os mapas temáticos de cada imagem de satélite para compor a série temporal.

## Resultados e discussão

O estado do Amapá é em grande parte coberto por densas nuvens que de forma direta interferem na captação de boas de cenas de satélite. Para a APA do Rio Curiaú, todavia, o satélite Landsat 5 apresentou um extenso registro histórico das imagens do planeta de 1984 a 2011, desse modo foi possível se valer de alguns dados. É importante destacar que as características naturais da Savana Amapaense, por estarem reguladas ao regime pluviométrico da região, pode influenciar nos índices de NDVI, ou seja, no período chuvoso a vegetação pode estar mais exuberante e no período seco pode mostrar baixa atividade fotossintética. De acordo com a caracterização climatológica realizada por Tavares (2014) em Macapá, a estação chuvosa varia de dezembro a julho e o período seco oscila entre agosto a novembro. Embora a observação tenha sido realizada de 1990 (quando foi criada a ARIEC do Curiaú) a 2022, foram feitos recortes para melhor apresentação e evitar repetição de análises.

Considerando os dados obtidos com as imagens de satélites na década de 1990 foi possível constatar que houve períodos em que a vegetação se manteve estável, sem grandes desflorestamentos e existiu períodos com maior exposição do solo (Figura 4). A análise abrange períodos secos e períodos chuvosos.

**Figura 4 - Série temporal de NDVI de 1991 a 2008**



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

O período de novembro de 1991 é teoricamente o mês de transição entre a estação seca e a chuvosa, contudo, houve registro de resultados expressivos de baixos índices de NDVI na faixa de 0.101 a 0.200 representando uma área de aproximadamente 8.421 hectares (38,88%), segundo a tabela 1 a área anterior é classificada como solo altamente exposto ou com baixíssima captura de atividade fotossintética. Outro aspecto a ser observado é a segunda maior faixa de NDVI 0.501 a 0.600 retratando a área de 4.726 hectares (22%), sendo considerada uma passagem entre vegetação rasteira e vegetação arbustiva.

O ano de 1997 foi constatado índice de NDVI na faixa de 0.101 a 0.200 equivalente a 5.686 hectares ou 26,10% da área total e sendo classificado como solo altamente exposto. O segundo maior valor de NDVI em relação a área total da APA foi de 0.501 a 0.600 que condiz com 3.703 hectares ou 17% da área protegida, com destaque para vegetação rasteira e arbustiva. Vale frisar as características naturais do ecossistema da APA, ela é composta por lagos temporários e campos inundáveis, desse modo, no registro anterior poderia haver áreas alagadas ou lagos temporários reflexos de chuvas anteriores do período de transição entre as estações secas e chuvosas, com esses corpos hídricos possivelmente ofuscou-se o comportamento espectral da vegetação.

Analisando a primeira década do século XXI, constatou-se a mesma dinâmica da década de 1990, com aumento da área florestada, no período chuvoso e diminuição da cobertura vegetal, no período seco. A Figura 5 expõe os dados coletados com a utilização das imagens de satélites.

Examinando os dados obtidos em julho de 2001, estação chuvosa, verificou-se o NDVI no intervalo de 0.301 a 0.400 correspondente a área aproximada de 5.728 hectares (26,30%), sendo classificada como solo exposto com pouca vegetação, outro intervalo de NDVI com resultados expressivos foi de 0.701 a 0.800 representando uma área de 4.894 hectares (22,47%), categorizado como vegetação arbórea. A temporada pluviométrica indica a influência nos valores de NDVI permanecendo estáveis, o que comprova o comportamento cíclico regido pelas características savaníticas da APA, em outras palavras, a chuva contribui com o vigor vegetal e conseqüentemente com melhores índices de NDVI.

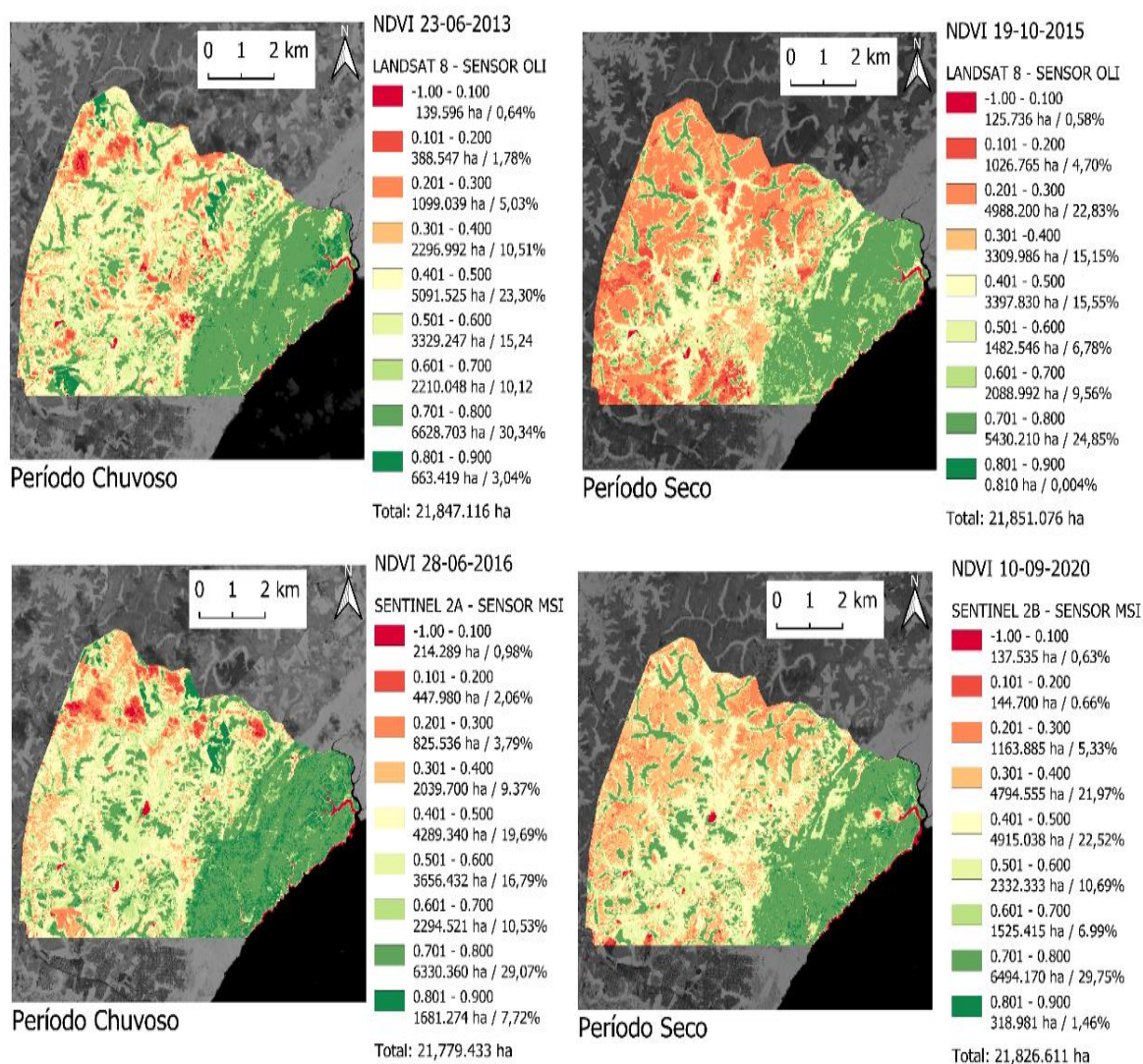
Em 2008 foi constatado no intervalo de NDVI entre 0.301 a 0.400 cerca de 5.545 hectares (25,49%), categorizado como a presença mínima da vegetação rasteira nessa região representativa. No mês de julho conforme a figura 4 a estação chuvosa é a predominante na capital amapaense, como observado nos registros anteriores o vigor vegetativo se mantém estável nessas épocas do ano. Outro intervalo expressivo de NDVI foi o de 0.401 a 0.500 retratando uma área de 4.154 hectares (19,09%), classificada como ambiente de vegetação rasteira.

Na segunda década do século XXI (Figura 5), assim como nos períodos anteriores, demonstram alternância entre crescimento e redução da área de vegetação, indicando assim, que o ambiente da APA do Rio Curiaú sofre influência direta do regime pluviométrico concernente ao Amapá. Mas também, da ausência de políticas públicas relacionadas a sustentabilidade da área e da sua população.

Analisando a Figura 5 é importante destacar em junho de 2013, na faixa de NDVI entre 0.701 a 0.800 a alta representatividade de 6.628 hectares (30,34 %), classificada como vegetação arbórea ou grande incidência de atividade fotossintética captada pelos sensores dos satélites. Embora haja interferência de nuvens no dia do registro da imagem é possível identificar a amplitude da vegetação. O segundo valor expressivo foi na faixa de 0.401 a 0.500 totalizando 23,30% (5.091 hectares) tais valores constituem mais da metade da área da APA e implicam em um equilíbrio entre a vegetação arbórea e arbustiva.



**Figura 5 - Índices de NDVI de 2013 a 2020**



Fonte: elaborado pelos autores

Já em outubro de 2015, em plena estiagem, os intervalos de NDVI entre 0.701 a 0.800 constituem a área de 5.430 hectares (24,85%) classificado como ambiente de alta densidade de vegetação arbórea, segunda faixa de NDVI de grande significância está entre 0.201 a 0.300 representando a área de 4.988 hectares (22,83%). Outro ponto a se observar é que na porção leste da APA do Rio Curiaú representa a cobertura vegetal de grande expressividade em todos os registros da série temporal.

Ademais em junho de 2016 os dados pontam na faixa de 0.701 a 0.800 do NDVI representou uma porção territorial de 6.330 hectares (29,07%) conforme a tabela 1 classificada como vegetação arbórea. Seguido do intervalo de NDVI 0.401 a 0.500 correspondendo uma zona de 4.289 hectares (19,69%) caracterizada como vegetação arbustiva. Desse modo os valores representativos estão mais distantes de 0 e apontam a maior presença de vegetação na APA, considerando que este mês contempla o período chuvoso no Amapá.

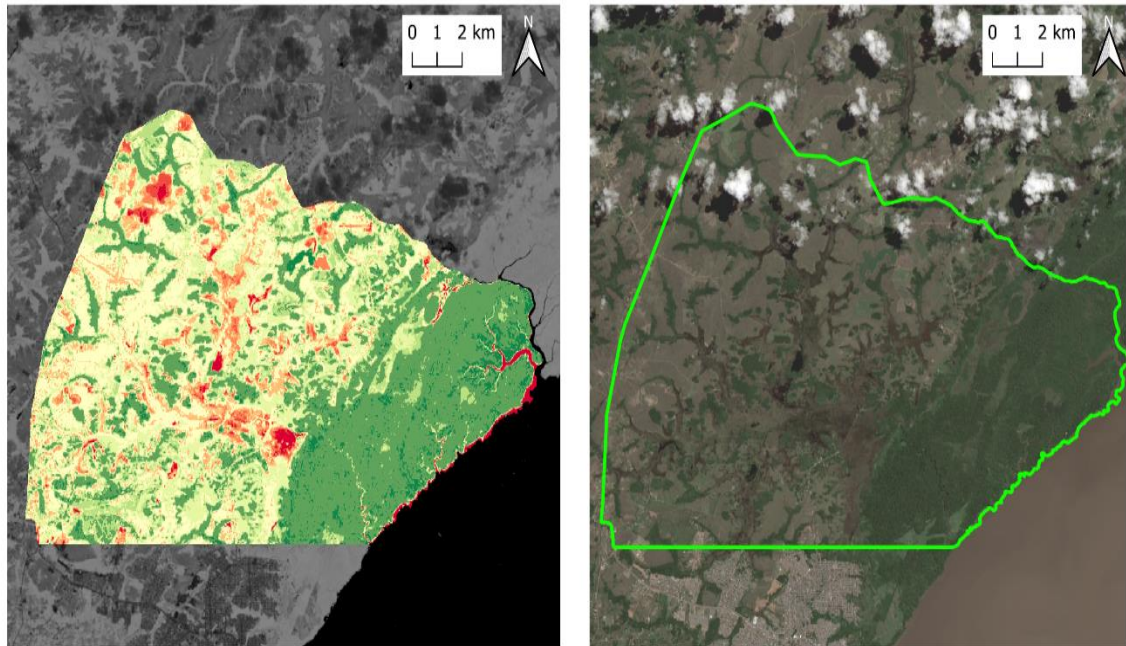
Este e os registros anteriores demonstram que a dinâmica vegetacional da área se recupera naturalmente, pois, de acordo com as pesquisas em campo, não se observou ações,



atividades ou programas que objetivasse a recuperação de áreas degradadas, sendo uma política ambiental distante da realidade das comunidades da APA do Rio Curiaú.

O registro do dia 08/06/2022 foi o mais recente e com pouca interferência de nuvens na APA do Rio Curiaú. A Figura 8 mostra o período com maior abundância de atividade fotossintética com 7.176 hectares (32,89%) na zona 0.701 a 0.800 de NDVI e de 4.795 hectares (21,98%) na faixa de 0.401 a 0.500 de NDVI.

**Figura 8:** NDVI e composição colorida de cor natural da APA do Rio Curiaú do dia 08/06 2022



#### NDVI 08-06-2022 - Período Chuvoso

LANDSAT 9 - SENSOR OLI 2	0.201 - 0.300	0.401 - 0.500	0.601 - 0.700	0.801 - 0.900
-1.00 - 0.100	633.358 ha / 2,90%	4795.682 ha / 21,98%	2468.539 ha / 11,31%	841.537 ha / 3,86%
0.101 - 0.200	1613.681 ha / 7,395%	3772.067 ha / 17,29%	7176.197 ha / 32,89%	
256.421 ha / 1,175%	262.992 ha / 1,205%			
				Total: 21,820.474 ha

Fonte: elaborado pelos autores

Com base nas análises da dinâmica da vegetação na APA do Rio Curiaú fica evidente a omissão (ausência de planejamento) do poder público em fornecer proteção efetiva aos seus ecossistemas. Condição que melhoraria o ambiente e a qualidade de vida da população residente (BRITO et al, 2022), assim, o poder público não fornece proteção em conformidade com legislação vigente no país (BRASIL. Lei nº 9.985/2000). Outros fatores que se destacam como negativos para a sustentabilidade da área são as pressões antrópicas advindas principalmente da expansão da malha urbana de Macapá e da sojicultura em desenvolvimento no seu entorno.

#### Considerações finais

No princípio da série temporal o ano de 1991 foi evidenciado o menor grau de atividade fotossintética, com índices de NDVI próximos a 0 e com grande representatividade territorial (8.421 hectares ou 38,88%) reflexo da baixa iniciativa pública em demarcar a área ambiental para a sua devida proteção. Com a ausência de políticas públicas de conservação e preservação ambiental, as comunidades tradicionais possuem papel fundamental no zelo e manejo dos recursos ecossistêmicos da área, além da herança cultural única que deve ser mantida pelos

poderes públicos (municipal, estadual e federal).

O período de maior cobertura vegetal na série histórica (7.176 hectares ou 32,89% no intervalo de 0.701 a 0.800) é o ano de 2022. É evidente que pode haver períodos mais expressivos que não estão aqui expressos, porém, eles podem ter sofrido interferência da alta nebulosidade na região, desse modo impossibilitando os trabalhos do sensoriamento remoto.

É fundamental frisar as características savaníticas da APA, por estarem diretamente ligadas aos regimes pluviométricos, mais expressivos no período de dezembro a julho, geralmente influenciam no aumento da biomassa e da atividade fotossintética. Nos períodos secos os índices de NDVI foram mais baixos denotando o baixo vigor vegetal, em outras palavras, foi possível perceber que ao longo dos últimos trinta anos a vegetação sempre se comportou de forma cíclica e regulada pelo clima da região.

A APA do Rio Curiaú carece de pesquisas acadêmicas que propiciem a identificação de problemas socioambientais que impedem a sustentabilidade da área, como por exemplo, a identificação de novas espécies florísticas ou faunísticas que solidifiquem cada vez mais a importância da proteção ambiental da área, ou mesmo transpareça as problemáticas sofridas pelo ecossistema e pela população tradicional residente. A esse respeito é possível inferir que os dados demonstrados neste estudo expõem um ambiente que foi degradado e que se recuperou nas últimas décadas, porém não se pode afirmar até quando o ambiente suportará as pressões antrópicas que são recorrentes e iminentes na área.

Por fim, constatou-se uma grande evolução nos índices de NDVI nas três últimas décadas evidenciados pelos mapas temáticos, portanto a hipótese sobre a existência de uma baixa biomassa vegetal e possivelmente atividades de desflorestamento foram observados, mas sob influência dos fenômenos climáticos que a APA é afetada. O sensoriamento remoto é uma excelente ferramenta de análise ambiental que pode ser aplicada para auxiliar nas políticas públicas e no plano de manejo da APA. Este instrumento não exige custos elevados para a sua utilização, além de contribuir na identificação de pontos específicos de degradação ambiental e facilitar os trabalhos de controle, gestão e fiscalização do ambiente da unidade e com isso proporcionar uma melhor qualidade de vida da população residente.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES - PDPG Amazônia Legal pela concessão da bolsa do Programa de Desenvolvimento da Pós-graduação.

### **Referências**

AMAPÁ. **Lei nº 0431**, de 15 de setembro de 1998. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú, no Município de Macapá, Estado do Amapá. Diário Oficial do Estado, nº 1891, 15 set 1998. 1998. Disponível em:

[http://www.al.ap.gov.br/ver\\_texto\\_lei.php?iddocumento=877](http://www.al.ap.gov.br/ver_texto_lei.php?iddocumento=877). Acesso em: 03 out. 2021.

AMAPÁ. **Decreto nº 0024**, de 20 de fevereiro de 1990. Criação da Área de Relevante Interesse Ecológico e Cultural (ARIEC). SEMA, 1992a. CD Rom.

AMAPÁ. **Decreto nº 1417**, de 28 de setembro de 1992. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Curiaú, situada no Município de Macapá, Estado do Amapá e dá outras providências. SEMA, 1992c. CD Rom.

ANDRADE, Bruno César Comini de. **Estimativa da evapotranspiração real via sensoriamento remoto**. 2018. 168 f. Dissertação (Doutorado) -Programa de Pós-Graduação

em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31496/1/Disserta%20c3%a7%20a3o%20-%20FINAL%20-%2001%20Bruno%20Cesar%20Comini.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 1988. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e IV, 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 11 de mai. 2022.

BRITO, Daguiete Maria Chaves; BASTOS, Ananda Brito; BASTOS, Cecília Maria Chaves Brito. **ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ EM MACAPÁ/AP: territórios de resistência e a legalização de áreas**. *Geo Uerj*, [S.L.], n. 40, p. 1-19, 5 fev. 2022. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2022.64988>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/64988/41186>. Acesso em: 28 set. 2022.

BRITO, Daguiete Maria Chaves; BASTOS, Cecília Maria Chaves Brito; FARIAS, Rosana Torrinha Silva de. **AMBIENTE, CULTURA E TERRITORIALIDADE NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ - AP**. *Ciência Geográfica*, Baurú, v. 21, n. 2, p. 342-354, jan. 2017. Disponível em: [https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI\\_2/agb\\_xxi\\_2\\_versao\\_internet/Revista\\_AGB\\_xxi\\_2-06.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI_2/agb_xxi_2_versao_internet/Revista_AGB_xxi_2-06.pdf). Acesso em: 28 set. 2022

BRYNS, Leonardo Monteiro. **Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13788/000653289.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 24 dez. 2021.

CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - MMA. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protetidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: 03 jun. 2022.

CONGEDO, Luca. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. Disponível em: < <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.03172> >. Acesso em: 20 set. 2022.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Editora oficina de textos, 2002, 97 p. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5692586/mod\\_resource/content/2/Imagens%20de%20sate%20CC%20lite%20para%20estudos%20ambientais.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5692586/mod_resource/content/2/Imagens%20de%20sate%20CC%20lite%20para%20estudos%20ambientais.pdf). Acesso em: 26 dez. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e->

tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf Acesso em: 6 out. 2021.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. 2ª Edição. São José dos Campos: Parêntese, 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/531626262/Livro-Sensoriamento-Remoto-Do-Ambiente-Jensen>. Acesso em 31 dez 2021.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em <http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 24 dez 2021.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Atual. Ampl. Viçosa: Editora UFV, 2007. 320p. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.20.14.47/doc/INPE%208465.pdf> Acesso em: 31 dez.2021.

NASCIMENTO, José Luiz Almeida do. **Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de conservação: ocupações peri urbanas na Apa margem esquerda do Rio Negro, Manaus**. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009. Disponível em <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/2604> Acesso em 26 dez. 2021

NICÁCIO, Rosilene Mendonça. **Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia sebal na bacia do rio São Francisco**. 2008. 320 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências em Engenharia Civil., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe\\_d/RosileneMendoncaNicacio.pdf](http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_d/RosileneMendoncaNicacio.pdf) Acesso em: 26 dez. 2021.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR\\_DPI7.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf). Acesso em 8 jan. 2022.

RODRÍGUEZ, Ana Cristina Machado. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.8.2006.tde-07042006-150606. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-07042006-150606/publico/tese.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2021.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO AMAPÁ. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú**. Macapá: SEMA, 2007. Disponível em: <https://sigdoc.ap.gov.br/public/verArquivo.jsf?token=e1c36b05e4580d58719ff5de2f773fcc>. Acesso em: 31 ago. 2021.

SILVA, R.B.L. *et al.* Caracterização Agroecológica e Socioeconômica dos Moradores da Comunidade Quilombola do Curiaú, Macapá-AP, Brasil. *Biota Amazônia*, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 113-138, 30 dez. 2013. *Revista Biota Amazonia*. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n3p113-138>. Disponível em:

<http://www.iepa.ap.gov.br/biblioteca/artigo/2015/caracterizacao-agroecol-sociocon-quilombola-curiau.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.

SOUZA FILHO, C. R., AUGUSTO, V., OLIVEIRA, W. J., & LAMMOGLIA, T. 2008. **Deteção de exsudações de hidrocarbonetos por geobotânica e sensoriamento remoto multi-temporal: estudo de caso no Remanso do Fogo (MG)**. Revista Brasileira de Geociências, 38(2 suppl), 228-243. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/download/8173/7453> Acesso em: 9 jan. 2022.

TAVARES, J. P. N. CARACTERÍSTICAS DA CLIMATOLOGIA DE MACAPÁ-AP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 15, n. 50, p. 138-151, 2014. DOI: 10.14393/RCG155026031. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26031>. Acesso em: 15 jan. 2023.


U.S. Department of the interior (USGS). Landsat Missions. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. Acesso em: 20 set. 2022.

## ANEXO 2

### COMPROVANTE DE SUBMISSÃO

#### [GEOMAE] Agradecimento pela submissão



Ana Paula Colavite via UNESPAR - Portal de Periódicos <periodicos@unespar.edu.br>   
09:28

Para: KLAUTON VIEIRA RODRIGUES

KLAUTON VIEIRA RODRIGUES,

Agradecemos a submissão do trabalho "SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE AMBIENTAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL RIO CURIAÚ, MACAPÁ/AP" para a revista Revista GEOMAE.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/geomae/authorDashboard/submission/7397>

Login: klauton

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Ana Paula Colavite

---

[Revista GEOMAE](#)