

107

ABR/MAIO 2023

Coordenadores

Daniel Gaio
Marcos Paulo S. Miranda
Nelson Saule Júnior
Vladimir Passos de Freitas

Conselho Editorial

Betânia Alfonsin
Bruno Campos Silva
Cacilda Lopes dos Santos
Douglas Vieira de Aguiar
Edésio Fernandes
Ellade Imparato
Guadalupe Maria de Almeida
José Carlos de Freitas
Jussara Maria Pordeus e Silva
Leticia Marques Osório
Liana Portilho
Mária Garcia
Nathália Arruda Guimarães
Ney de Barros Bello Fº
Paulo A. Leme Machado
Paulo José Villela Lomar
Ricardo Pereira Lira
Sylvio Toshiro Mukai
Toshio Mukai
Vanusa Murta Agrelli
Victor Carvalho Pinto

Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico

Caderno
Direito do Patrimônio Cultural

LEX MAGISTER

PRODUTOS JURÍDICOS

Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico

Ano XVIII – Nº 107

Abr-Maio 2023

Classificação Qualis/Capes: A2

Editor

Fábio Paixão

Coordenadores

Daniel Gaio – Marcos Paulo S. Miranda
Nelson Saule Júnior – Vladimir Passos de Freitas

Conselho Editorial

Betânia Alfonsin – Bruno Campos Silva – Cacilda Lopes dos Santos
Douglas Vieira de Aguiar – Edésio Fernandes – Ellade Imparato
Guadalupe Maria de Almeida – José Carlos de Freitas – Jussara Maria Pordeus e Silva
Leticia Marques Osório – Liana Portilho – Maria Garcia
Nathália Arruda Guimarães – Ney de Barros Bello Fº – Paulo A. Leme Machado
Paulo José Villela Lomar – Ricardo Pereira Lira – Sylvio Toshiro Mukai
Toshio Mukai – Vanusa Murta Agrelli – Victor Carvalho Pinto

Colaboradores deste Volume

Daguinete Maria Chaves Brito – Humberto de Aguiar Junior
Janine Rodrigues de Oliveira Trindade – João Augusto Carneiro Araújo
Klauton Vieira Rodrigues – Leon Delácio de Oliveira e Silva
Lívia Gaigher Bósio Campello – Luiz Paulo dos Santos Diniz
Nelson Saule Júnior – Nívia Soares da Silva Xaxá – Ricardo Alonso Pinha
Rodrigo Vieira Costa – Sandra Cureau – Sandro Marcos Godoy – Talden Farias

Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico

Publicação bimestral da Editora Magister à qual se reservam todos os direitos, sendo vedada a reprodução total ou parcial sem a citação expressa da fonte.

A responsabilidade quanto aos conceitos emitidos nos artigos publicados é de seus autores.

Artigos podem ser encaminhados pelo e-mail: editorial@editoramagister.com.br. Não devolvemos os originais recebidos, publicados ou não.

As íntegras dos acórdãos aqui publicadas correspondem aos seus originais, obtidos junto ao órgão competente do respectivo Tribunal.

Esta publicação conta com distribuição em todo o território nacional.

A editoração eletrônica foi realizada pela Editora Magister, para uma tiragem de 3.100 exemplares.

Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico

v. 1 (ago./set. 2005)-.- Porto Alegre: Magister, 2005-

Bimestral

v. 107 (abr./maio 2023)

ISSN 2175-1994

1. Direito Imobiliário – Periódico. 2. Direito do Patrimônio Cultural – Periódico.
3. Direito Urbanístico – Periódico. 4. Direito Ambiental – Periódico.

CDU 347.235(05)

CDU 347.195(05)

CDU 349.6(05)

CDU 347.9(05)

Ficha catalográfica: Leandro Augusto dos S. Lima – CRB 10/1273

Capa: Apollo 13

Editora Magister

Diretor: Fábio Paixão

Alameda Coelho Neto, 20

Boa Vista – Porto Alegre – RS – 91340-340

Sumário

Direito Ambiental e Urbanístico

Doutrina

1. A Herança Negra do Bairro da Liberdade na Cidade de São Paulo: Necessidade de Proteção Histórica e Cultural
Luiz Paulo dos Santos Diniz e Nelson Saule Júnior 5
2. Tombamento e Democracia: a Memória é Parte do Estado Democrático de Direito?
Nívia Soares da Silva Xaxá e Rodrigo Vieira Costa..... 21
3. A Devida Diligência dos Princípios Orientadores para Empresas e Direitos Humanos: um Instrumento em Favor do Clima
Lívia Gaigher Bósio Campello e Janine Rodrigues de Oliveira Trindade..... 42
4. Conciliação Ambiental: Instrumento de Desjudicialização ou de Incentivo às Infrações Ambientais?
Leon Delácio de Oliveira e Silva, Ricardo Alonso Pinha, Sandro Marcos Godoy e Talden Farias 74
5. Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Análise Ambiental na Área de Proteção Ambiental Rio Curiaú, Macapá/AP
Klauton Vieira Rodrigues e Daguinete Maria Chaves Brito..... 96
6. A Responsabilidade Civil Ambiental como Resposta ao Problema do Desmatamento Ilícito na Amazônia Legal: uma Abordagem a Partir da Análise de Dados Empíricos de Ações Cíveis Públicas
Humberto de Aguiar Junior 113
7. A Especialização de Órgãos Judiciais em Matéria Ambiental e a Efetivação do Desenvolvimento Sustentável como Categoria Integrante dos Direitos Humanos Ecológicos
João Augusto Carneiro Araújo 131

Caderno de Direito do Patrimônio Cultural

Doutrina

1. Tesouros Humanos Vivos
Sandra Cureau 153

Jurisprudência

1. Tribunal Regional Federal da 4ª Região – Patrimônio Público Histórico. Fiscalização. Exposição e Guarda Particular de Peças Arqueológicas. Responsabilidade do Ente Público. Autorização
Rel.ª Des.ª Fed. Vivian Josete Pantaleão Caminha 167
2. Tribunal de Justiça do Mato Grosso do Sul – Ação Civil Pública. Obrigação de Restauração e Manutenção de Bem Tombado. Patrimônio Cultural. Dever do Ente Público Configurado. Reserva do Possível. Inoponibilidade. Prazo para Atuação. Razoabilidade. Multa Cominatória Devida. Pedidos que Extrapolam o Dever de Restauração e Conservação do Bem. Rejeitados. Observância da Discricionariedade Administrativa. Dano Moral Coletivo. Não Configurado. Recursos Conhecidos e Desprovidos, em Parte com o Parecer
Rel. Des. Marco André Nogueira Hanson 181
3. Tribunal de Justiça de Minas Gerais – Ação Civil Pública. Meio Ambiente Natural e Cultural. Município de Dom Joaquim. Complexo da Barragem. Proteção da Ambiência do Conjunto Tombado e do Meio Ambiente. Adoção de Medidas Emergenciais Tendentes a Minimizar Impactos Negativos. Princípios da Precaução, Prevenção e *In Dubio Pro Natura*. Decisão Reformada. Recurso Conhecido e Provido
Rel. p/o Ac. Des. Bitencourt Marcondes 191
4. Tribunal Regional Federal da 1ª Região – Ação Civil Pública. Tombamento. Construção de Obra Descaracterizadora de Imóvel Protegido. Bem Situado no Conjunto Arquitetônico de Cachoeira/BA. Ausência de Prévia Autorização do IPHAN. Agressão ao Patrimônio Histórico-Cultural. Readequação do Bem Tombado. Possibilidade. Sentença Mantida
Rel.ª Des.ª Fed. Daniele Maranhão Costa 198
5. Tribunal Regional Federal da 5ª Região – Delimitação de Comunidade Remanescente de Quilombo. Preservação da Tradicionalidade e Sustentabilidade Econômica da Ocupação. ADI nº 3.239/DF. Necessidade de Produção de Prova. Inviabilidade pela Via Mandamental. Improvimento
Rel. Des. Fed. Rubens de Mendonça Canuto Neto 201

Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Análise Ambiental na Área de Proteção Ambiental Rio Curiaú, Macapá/AP

KLAUTON VIEIRA RODRIGUES

*Universidade Federal do Amapá (UNIFAP); Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Macapá, AP;
e-mail: klauton.rodrigues@gmail.com.*

DAGUINETE MARIA CHAVES BRITO

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); Doutora em Ciências Sociais (UFPA).

RESUMO: A Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú é uma unidade de conservação que oferece diversos recursos ecossistêmicos para a 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.

SUMÁRIO: Introdução. Sensoriamento Remoto. Índice de Vegetação. Área de Estudo. Metodologia. Resultados e Discussão. Considerações Finais. Agradecimentos. Referências.

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 Remanescentes 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 têm 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. Nesse 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 à 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 0024/91; 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 1.417/92. Entretanto, no final do século, o decreto foi revogado pela Lei Estadual nº 0431/98, 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. E é com o objetivo de analisar esse processo que a pesquisa foi estruturada.

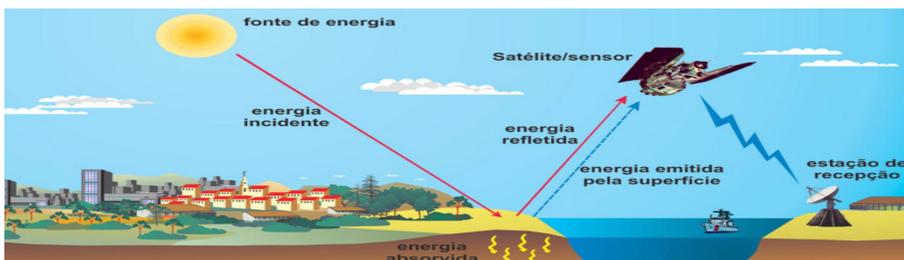
Sensoriamento Remoto

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 às 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



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).

Inferese-se que todo corpo que possui temperatura acima de 0 grau 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; 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 emissores de radiação distintos (ANDRADE, 2018). Dessa 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

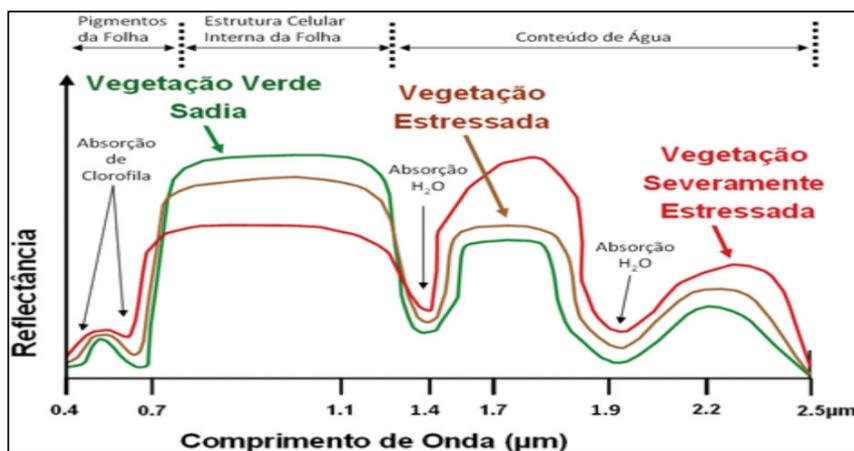
A utilização do sensoriamento remoto em coberturas vegetais se destina a assimilar a aparência de uma determinada vegetação contida em um produto do sensoriamento remoto, em que nesse procedimento de assimilação envolve parâmetros, fatores ambientais e procedimentos complexos, há exemplo de um dossel 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 indicio consistente de estresse, apenas quando 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 (0,7-1,3µm) 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 1,45µm 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 Normalized Difference Vegetation Index[□] (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:

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

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 à 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

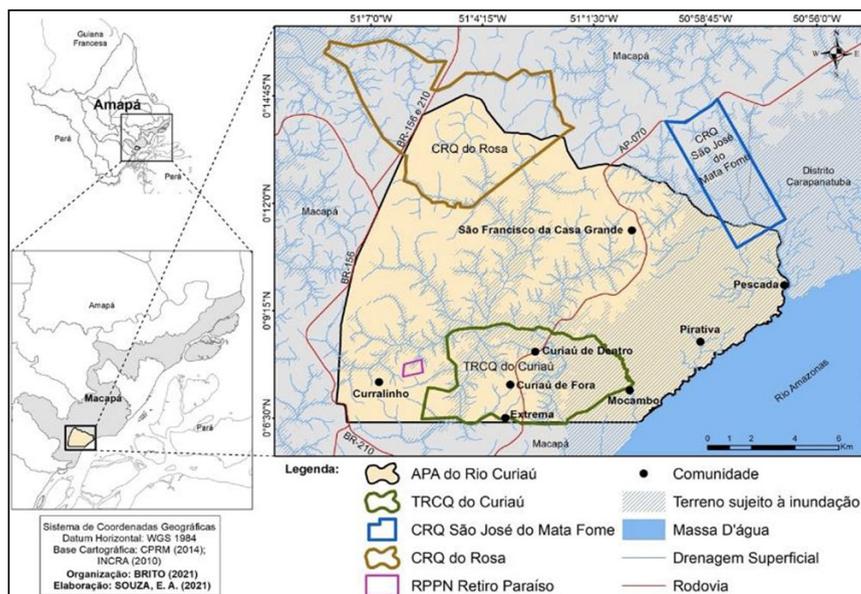
A APA do Rio Curiaú, de acordo com a Lei Federal nº 9.985/00 – que estabeleceu o Sistema de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), é uma UC de uso sustentável criada por meio da Lei Estadual nº 0431/98 e possui o objetivo de proteger, conservar e preservar os recursos naturais presentes na área, proporcionando melhorias na qualidade de vida da população tradicional residente (AMAPÁ, Lei nº 0431/98).

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 dessas 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 à cultura, uma das principais manifestações são as festas religiosas em devoção a santos católicos (BRITO; DRUMMONT, 2022).

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 às 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 quali-quantitativos 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, foram selecionados 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 Collection 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 às 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.

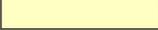
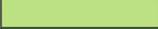
Executada a aquisição das cenas de satélite, as informações foram importadas para o *software* Quantum Gis (QGIS) versão 3.22.2. Vale destacar que o programa é de código aberto e gratuito. Nele, é possível fazer o manejo, edição e avaliação de dados georreferenciados. Os dados necessários para a

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 reprojetar 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 descrita 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, foram elaborados os mapas temáticos de cada imagem de satélite para compor a série temporal.

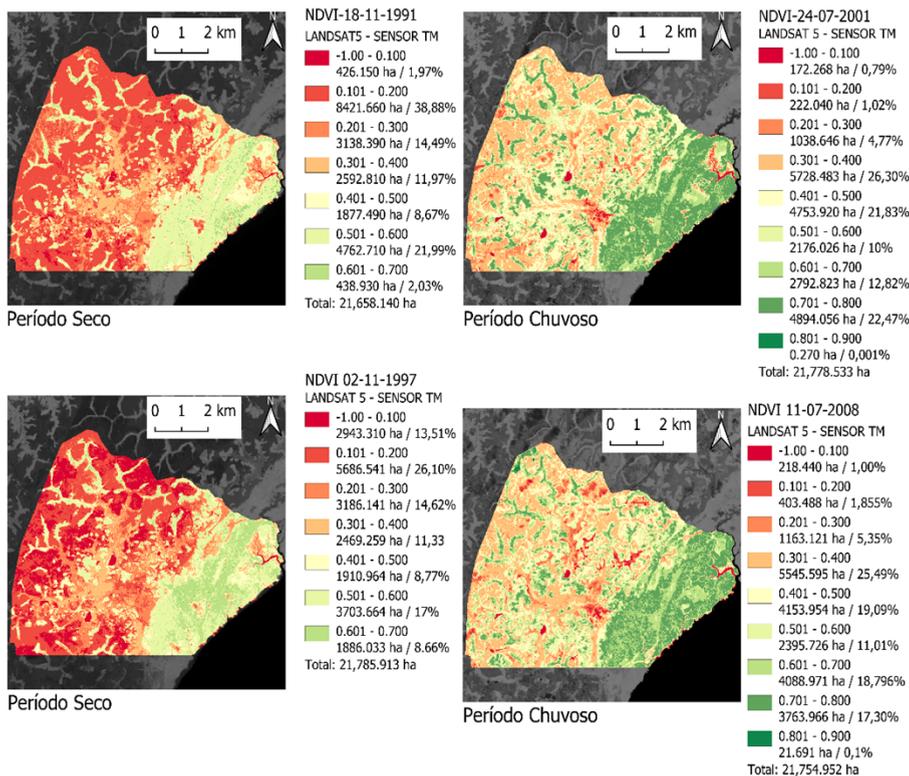
Resultados e Discussão

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, podem 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 existiram 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.

No 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 à 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 à 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 savânicas da APA, em outras palavras, a chuva contribui com o vigor vegetal e conseqüentemente com melhores índices de NDVI.

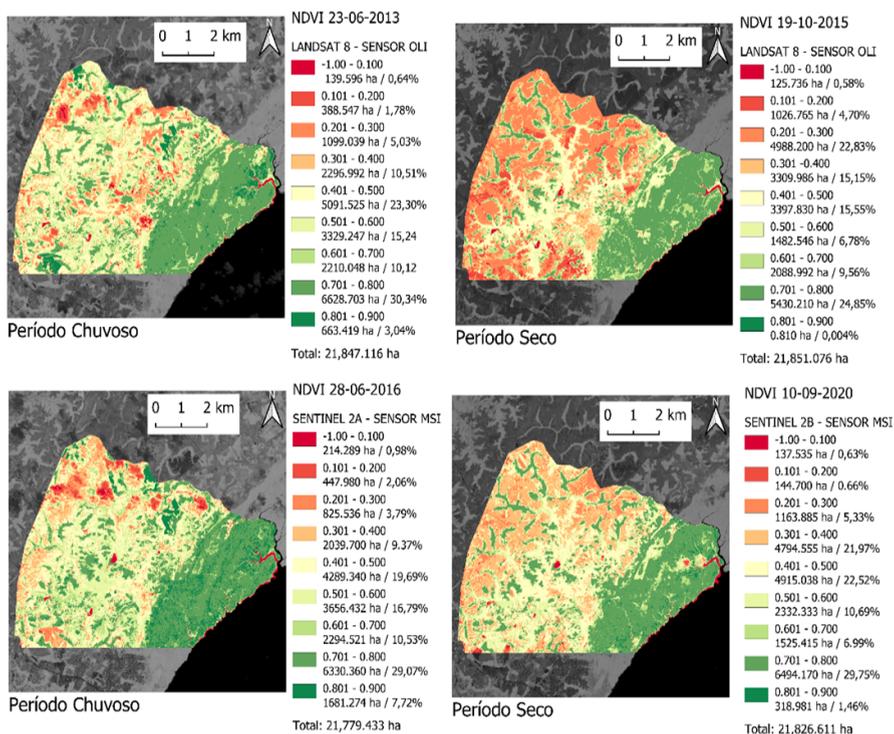
Em 2008, foi constatado no intervalo de NDVI entre 0.301 a 0.400 cerca de 5.545 hectares (25,49%), categorizado como a presença mínima da vegetação rasteira nessa região representativa. No mês de julho, conforme a Figura 4, a estação chuvosa é a predominante na capital amapaense, como observado nos registros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

Analisando a Figura 5, 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.

Figura 5 – Índices de NDVI de 2013 a 2020



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 9.985/00). 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 savânicas 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 30 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.

Nesse sentido, 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) pela concessão da bolsa do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação.

TITLE: Remote sensing as an environmental analysis tool in the Environmental Protection Area Rio Curiaú, Macapá/AP.

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.

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. 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%3a7%7c3%a3o%20-%20FINAL%20-%202001%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. 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. Acesso em: 11 maio 2022.

BRITO, Daguinete 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*, Bauriv, 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. Acesso em: 28 set. 2022.

BRYL, 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: Oficina de Textos, 2002. 97 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5692586/mod_resource/content/2/Imagens%20de%20sate%CC%81lite%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-c-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 6 out. 2021.

JENSEN, John R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2. ed. 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-c9693e4f69d8>. Acesso em: 24 dez. 2021.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3. ed. atual. e 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. 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. 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. *Revista Biota Amazônia*, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 113-138, 30 dez. 2013. <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. Detecção 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), p. 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.

Recebido em: 24.04.2023

Aprovado em: 08.05.2023