



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ENTORNO DA LAGOA DOS ÍNDIOS, MACAPÁ-AP NOS ANOS DE 2010 E 2020

Spatio-Temporal Analysis of Land use and Occupation Around Lagoa dos Índios, Macapá-AP in the Years 2010 and 2020

Carlos Roberto Silva

Universidade Federal do Amapá

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7740-2310>

carlosrsilva@outlook.de

José Francisco de Carvalho Ferreira

Universidade Federal do Amapá

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8266-166X>

zfcofer@unifap.br

Genival Fernandes Rocha

Universidade Federal do Amapá

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4881-4279>

genival.rocha@unifap.br

Artigo recebido em 01/06/2022 e aceito em 30/10/2022

RESUMO

Os impactos sobre as bacias hidrográficas no meio urbano são um desafio constante para os planejamentos urbano e ambiental em todo o mundo. Nesse contexto, a Lagoa dos Índios em Macapá-AP é palco de diversas transformações, desde a década de 1960, porém essas inserções antrópicas vêm acelerando-se devido à expansão da cidade rumo a oeste, um dos principais acessos ao município limítrofe de Santana. A lagoa integra o alto curso da Bacia do Igarapé da Fortaleza, em área de contato de formações do terciário e quaternário fortemente antropizada por aterros e construções para usos diversos. Esta pesquisa fez uma análise espaço-temporal da evolução do uso e ocupação da área da Lagoa dos Índios e de seu entorno nos anos de 2010 e 2020, a fim de levantar as mudanças ocorridas no período. O trabalho baseou-se no levantamento de literatura acerca da área de estudo, uso e ocupação do solo, técnicas e produtos de geoprocessamento e sensoriamento remoto, aquisição, seleção e tratamento de imagens de satélites. Dois mapas de uso e ocupação do solo foram gerados. Observou-se o aumento no uso e ocupação das áreas de solo exposto, bem como o surgimento de novas áreas descampadas e supressão considerável da vegetação. O uso urbano saltou de 9,5% do total da área estudada, em 2010, para 24,4%, em 2020, corroborando a tendência de urbanização

acelerada no entorno da Lagoa dos Índios impulsionada, principalmente, pela melhoria da infraestrutura da zona oeste da cidade, tendo como exemplo a duplicação da Rodovia Duca Serra.

Palavras-chave: Sistema de informação geográfica; Uso e ocupação do solo; Planejamentos urbano e ambiental; Lagoa dos Índios, Macapá-AP.

ABSTRACT

The impacts over watersheds in urban areas is a constant challenge to environmental and urban planners all over the world. In this context, Lagoa dos Índios, an Amazonian lagoon, located in Macapá, the capital city of Brazilian state Amapá is core of countless transformations since 1960. However, these anthropic disturbances has been accelerated due to westbound urban expansion, one of the main accesses to the neighboring city, Santana. The lagoon is part of the upper Igarapé da Fortaleza Watershed, located in an area of contact between Tertiary and Quaternary formations under a strong anthropization process caused by earthworks and other constructions for several uses. This research aimed to analyze the evolution of land use and land cover in Lagoa do Índios and its nearby areas in the years 2010 and 2020 in order to point the changes which took place in this period. The work was grounded in literature review about the study area, land use and land cover, geoprocessing and remote sensing, searching, selection and processing of satellite images. As results, two maps of land use and land cover were created using the open source software Qgis, version 3.16. The images classifications were executed by the *Semi Automatic Classification* plugin. It was observed an increase in land use and land cover in bare soil areas as well as the emergence of new bare soil areas and substantial suppression of vegetation. The area's land use for urbanization increased from 9,5% to 24,4% in the study area between 2010 and 2020, corroborating the tendency of accelerated urbanization in Lagoa dos Índios and its neighboring areas propelled, mainly, by improvements in infrastructure in the west side of the city, as an example, the duplication of Duca Serra Road.

Keywords: Geographic Information System; Land use and land cover; Urban and environmental planning; Lagoa dos Índios, Macapá – AP.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias correntes, trava-se um grande debate global acerca da conservação do solo, visto que dados obtidos em importantes pesquisas, tais como publicizam Pereira (2014), Miqueloni, Gianello e Bueno (2015), e Naharuddin, Malik e Ahyauddin (2021), alertam para sua crescente degradação oriunda de uso e manejo inadequados. Rodrigues *et al.* (2015), por meio da aplicação da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1965), concluíram que na Mesorregião de Ribeirão Preto-SP a estimativa da taxa de perda do solo era intensa e ultrapassava seu limite de tolerância, principalmente pelo uso na monocultura da cana-de-açúcar e pecuária.

No entanto, a perda de solo e a degradação ambiental causadas pelo seu mau uso não se restringem ao espaço rural. No meio urbano, em particular nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, são inúmeras as perturbações ambientais causadas pelo uso e ocupação do solo desordenadamente. Nesse contexto, Guerra e Marçal (2012, p. 28) explicitam que

[...] os processos de urbanização e industrialização têm tido um papel fundamental nos danos ambientais ocorridos nas cidades. O rápido crescimento causa uma pressão significativa

sobre o meio físico urbano, tendo as consequências mais variadas, tais como: poluição atmosférica, do solo e das águas, deslizamentos, enchentes etc.

Raj e Azeez (2010) corroboram o cenário da degradação ambiental dos países em desenvolvimento, explanando acerca das transformações ocorridas nos ecossistemas da Índia no período pós-independência. As florestas e as áreas úmidas experimentaram inserções antrópicas de grande vulto – sofrendo as maiores modificações de uso e ocupação nas áreas de bacias hidrográficas.

No caso da Bacia do Rio Bharathapuzha, na Índia meridional, objeto de estudos dos autores (RAJ; AZEEZ, 2010), o percentual de uso da terra para o centro urbano correspondia a 9,82% da área total da bacia em 1973 e alcançou 41,76%, em 2005. O uso para acomodar as estradas era de 7,61% em 1973, e, em 2005, atingiu 16,24%. Na contramão, os recursos hídricos decresceram de 3,82% (1973) para 1,93% (2005), e a vegetação natural, de 43,43% para 12,28%, respectivamente, no período 1973-2005.

De acordo com Fritsch (2002, p. 6, tradução nossa) “o uso da terra é [...] a atividade humana que impacta diretamente a paisagem, usa seus recursos ou influencia o funcionamento da cobertura do solo intervindo nos processos ecológicos”. A autora, ainda, elenca quatro fatores relacionados às mudanças no uso da terra: condições naturais, demanda da população por espaço, dependência econômica e diretrizes políticas.

Portanto, o levantamento do uso e ocupação do solo se apresenta como uma ferramenta essencial para a estruturação do planejamento físico-territorial, visto que permite a observação em série de indicadores ambientais que podem viabilizar a tomada de decisões, orientadas para um uso mais compatível com as condições socioambientais e históricas das unidades de planejamento. Segundo Bossard, Feranec e Otahel (2000 apud IBGE, 2013, p. 45), “o uso da terra está relacionado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica”. Por conseguinte,

[...] o levantamento da Cobertura e Uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre, [...] análise e registro de observações da paisagem, [...] visando sua classificação e espacialização por meio de cartas. (IBGE, 2013, p. 37).

No que ao Amapá diz respeito, a Lagoa dos Índios, objeto desta pesquisa, área úmida, localizada na zona oeste da capital amapaense, Macapá, vem sendo foco da especulação imobiliária mais atual na cidade amazônica. A concentração espacial histórica do município na região central e sul mostrou-se inviável para a expansão urbana pela baixa disponibilidade de terrenos e a quase total degradação das áreas úmidas, neste artigo denominadas de ressacas¹ em sintonia com o dizer local.

¹ Ressaca: área úmida amazônica formada por planícies fluviais inundáveis e em processo de colmatção por sedimentos holocênicos que sofrem influência direta das marés.

As primeiras ocupações das ressacas efetivaram-se pela ação da população mais carente de recursos financeiros e sem acesso às políticas públicas habitacionais. Essas ocupações foram intensificadas e se consolidaram, principalmente, por fluxos migratórios recebidos pelo Amapá, após a conversão de seu status jurídico territorial de território federal em estado após a redemocratização brasileira e os investimentos feitos em grandes empreendimentos pensados para a Amazônia (SILVA, 2017, 2022; FERREIRA; CORRÊA; ALCANTARA JUNIOR, 2021).

Contudo, com o esgotamento de lotes em terra firme para a implantação de infraestrutura e atividades econômicas, as áreas úmidas passaram a ser ocupadas também pelo Estado e pelos agentes capitalistas, especialmente na forma de aterros, pois é somente no fim da década de 1990, por meio da Lei n° 0455/1999 (AMAPÁ, 1999) que as áreas de ressaca obrigatoriamente percebem o ordenamento jurídico de delimitação e tombamento, com o fim de preservação/proteção do valor paisagístico e ambiental dessas unidades.

A capital amapaense só teve seu primeiro plano diretor sancionado mediante a Lei Complementar n° 026 (MACAPÁ, 2004) e no mesmo ano a Assembleia Legislativa do Amapá (ALAP) sancionou a Lei n° 0835 (AMAPÁ, 2004), que dispõe sobre a ocupação urbana e periurbana, ordenamento territorial, uso econômico e gestão ambiental das áreas de ressaca e várzea localizadas no estado do Amapá. A lei anteriormente citada definiu um prazo de três anos para a realização do Zoneamento Ecológico Econômico Urbano (ZEEU) e que novas ocupações em áreas de ressaca e várzeas só seriam permitidas nos casos de implantação de infraestrutura.

Ainda, a Lei n° 0835 (AMAPÁ, 2004) previa que os indivíduos que ocupavam as áreas bastante degradadas, de uso comercial, fossem obrigados a apresentar às autoridades competentes um Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TACA) para que pudessem continuar a desenvolver as atividades econômicas, enquanto ao poder público caberia realizar as intervenções de infraestrutura e práticas conservacionistas necessárias para minimizar os impactos já causados. Já as áreas de ressaca que apresentassem baixa ou nenhuma degradação deveriam ter como uso prioritário a criação de unidades de conservação, geridas pelos municípios ou pelo estado.

2. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS AO PLANEJAMENTO FÍSICO-TERRITORIAL

Conhecer as transformações realizadas nos ambientes, identificando suas fragilidades e potencialidades e suas relações com a sociedade é de suma relevância para a criação de subsídios para o ordenamento territorial na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Ross (2006, p. 52-53) frisa

que “[...] diante do desperdício dos recursos naturais e da degradação generalizada, com perda de qualidade ambiental e de vida, é que se torna cada vez mais urgente o planejamento físico-territorial não só com perspectiva econômico-social, mas também ambiental.”.

Por isso, os sistemas de informações geográficas tornam-se uma ferramenta imprescindível ao planejamento físico-territorial no tocante à identificação e análise das dinâmicas de mudanças de uso e ocupação do solo. O trabalho realizado em equipes multidisciplinares permite o levantamento de todos os dados necessários para a implementação de modelos de uso e ocupação, exploração e/ou proteção, compatíveis com as esferas econômica, sociocultural e ambiental.

De acordo com Fitz (2008, p. 99-100), Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) “são sistemas computacionais que possuem programas especiais para a coleta, o armazenamento e a análise digital de dados georreferenciados visando à produção de informação espacial”.

Os SIGs são ferramentas eficazes quando o objetivo é o reconhecimento da realidade da área de estudo, pois, mediante o uso de mapas e bancos de dados, as tomadas de decisões quanto ao planejamento urbano e ambiental podem ser mais acuradas, logo, os SIGs podem contribuir no processo de diagnóstico, análise e apresentação dos resultados (TEIXEIRA *et al.*, 1995; SILVA, DAVID; BIANCHI, 2017).

Veríssimo *et al.* (2002) obtiveram ótimos resultados ao utilizar os SIGs como ferramenta para identificar, delimitar e apontar áreas adequadas para a implantação de novas Florestas Nacionais (Flonas). Diante do exposto, é notável que o uso dos SIGs otimiza o tempo e os recursos despendidos em estudos que objetivam os planejamentos tanto ambientais como urbanos.

Destarte, a pesquisa visa analisar, a partir de um viés espaço-temporal e com o uso Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto – (PDI)e SIGs, a evolução das mudanças no uso e ocupação do solo na área da Lagoa dos Índios e seu entorno nos anos de 2010 e 2020, além de definir classes de uso e ocupação compatíveis com as características físico-territoriais da área e levantar quantitativamente a evolução das classes e suas consequências para as áreas úmidas no período em tela.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A Lagoa dos Índios localiza-se na zona oeste da capital amapaense, Macapá (0°01’52”N 51°06’09”W), e é cortada pela Rodovia Duca Serra. No seu entorno encontram-se os bairros:

Alvorada, Santa Rita e Nova Esperança (Leste), Cabralzinho e Goiabal (Oeste), Infraero (Norte), Congós e Novo Buritizal (Sul) e Marabaixo (Oeste e Norte) – ver Figura 1. A Lagoa dos Índios integra a bacia hidrográfica do Igarapé da Fortaleza que abrange os municípios de Macapá (nascentes) e Santana, onde desemboca no rio Amazonas. Segundo Amapá (2002) citado por Silva *et al.* (2009), a bacia possui área de 193 km² e é uma das menores do estado do Amapá.

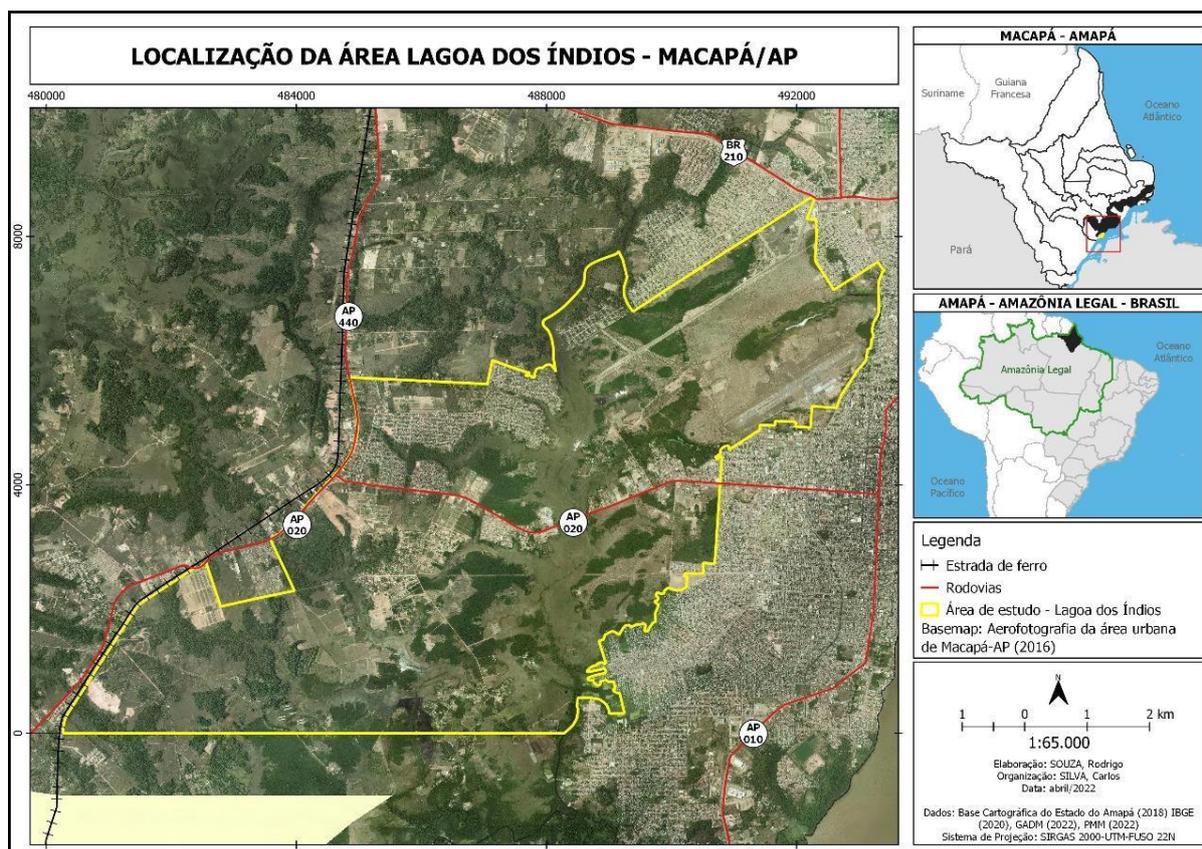


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Base Cartográfica do Estado do Amapá (2018), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020; Banco de Dados das Áreas Administrativas Globais, 2022; Prefeitura Municipal de Macapá, 2022. Elaboração: SOUZA, 2022. Organização: SILVA, 2022.

Segundo Carvalho, Faraco e Klein (1995), o estado do Amapá, além de integrar o Cráton Amazônico, pode ser individualizado em duas unidades geotectônicas distintas: - a Crosta Antiga, de idade arqueana a proterozóica, formada principalmente por granulitos, gnaisses e granitoides, e a Cobertura de Plataforma onde predominam as formações meso-cenozoicas.

O município de Macapá está inserido na Zona Costeira Estuarina do Amapá. Esta é constituída por depósitos de planícies fluviais antigas em contato com depósitos terciários da Formação Barreiras (representada por argilitos e siltitos, com intercalações de arenitos grosseiros a conglomeráticos) com cotas que variam de 2 a 15 metros, além dos sedimentos aluvionares do quaternário. Tais formações mais superficialmente são compostas por argilas de coloração em tons de cinza quando capeadas por

lama com matéria orgânica e lâminas de areia mal selecionadas de cor amarela logo abaixo da camada de argila. (IEPA, 2008; SANTOS *et al.*, 2004).

As áreas úmidas, localmente denominadas ressacas são planícies fluviais inundáveis e em processo de colmatação por sedimentos holocênicos e sofrem influência direta das marés (SANTOS *et al.*, 2004). Essas áreas são saturadas por águas superficiais ou subterrâneas que variam de acordo com o regime pluviométrico, possuem profundidade média de 3 metros e ampla extensão lateral, propiciando o desenvolvimento de vegetação adaptada a essa ambiência (TORRES; OLIVEIRA, 2004), em consonância com o que afirma Esteves (2011, p. 100) quando explicita que

Na Região Amazônica, no período de cheias, os ecossistemas aquáticos recebem grande quantidade d'água, o que resulta no aumento da área e profundidade dos rios e lagos. Neste período ocorre a intercomunicação de vários lagos e rios, formando um único sistema. Já na época da seca, com a queda do nível d'água, os diferentes sistemas permanecem isolados, ou comunicam-se por canais.

Conforme observado por Torres e Oliveira (2004), em estudo sobre a sedimentologia das bacias hidrográficas do rio Curiaú (Macapá-AP) e do Igarapé da Fortaleza (Macapá/Santana-AP), as ressacas com predominância de águas rasas e calmas estão a montante do baixo curso das bacias citadas e têm a predominância depósitos argilo-orgânicos, enquanto as ressacas com características lacustres e com comunicação com o rio Amazonas, tal como a Lagoa dos Índios apresentam canais predominantemente compostos por sedimentos sílticos pobremente selecionados.

Os solos predominantes no município de Macapá são os latossolos, podzólicos, gleissolos e solos hidromórficos. Os latossolos e podzólicos, de origem terciária, são provenientes da Formação Barreiras, de materiais argilo-arenosos, sendo os podzólicos mais frequentes na região norte da capital amapaense. Relacionadas às manchas de cerrado², em relevo suave ondulado, encontram-se as formações concrecionárias lateríticas associadas aos latossolos amarelos com profundidade média e concreções variadas (IEPA, 2008; SANTOS *et al.*, 2004).

Nas áreas úmidas de formação quaternária, são predominantes os solos hidromórficos (laterita hidromórfica, gleizados e indiscriminados) associados à mata de igapó e a áreas de transição entre os campos inundáveis e as matas de várzea, ricos em matéria orgânica. Os gleissolos têm ocorrência associada aos terraços aluviais e cabeceiras de drenagem, bem como nas áreas de drenagem de antigos rios que drenavam áreas de campos inundáveis e várzeas (IEPA, 2008; SANTOS *et al.*, 2004).

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Macapá apresenta as seguintes classificações climáticas: megatérmico úmido com curta estação seca (Köppen), equatorial úmido (Sthahler), úmido B3 (Thorntwaite) e equatorial B1 (IBGE). O clima de Macapá é de altas

² O termo *cerrado* utilizado neste trabalho preserva o léxico reinante na literatura sobre tal fitofisionomia do espaço amazônico. Contudo, o termo que vem se tornando hegemônico é *savana amazônica*.

temperaturas (média anual de 26,5 °C) e apresenta periodicidade em duas estações definidas, uma de elevada precipitação (de janeiro a junho) e um período de estiagem (entre julho e dezembro). O regime pluviométrico varia entre o litoral e as áreas continentais mais internas. A Costa Atlântica recebe em média 3.250 mm de chuva por ano, enquanto o município de Serra do Navio 2.250 mm, distante apenas 200 km da zona costeira amapaense (DRUMMOND; DIAS; BRITO, 2008; TAVARES, 2014).

Na bacia do Igarapé da Fortaleza, segundo Silva *et al.* (2009), foram identificadas quatro unidades fitoecológicas: ressaca, floresta de terra firme, floresta de várzea e cerrado. Na unidade ecológica ressaca, Thomaz, Costa Neto e Tostes (2004) identificaram 44 famílias, 83 gêneros e 119 espécies vegetais. As formas biológicas encontradas são: anfíbias, submersas livres e fixas, emergentes e epífitas. As macrófitas somam 4% das espécies elencadas, enquanto as somente emergentes ou somente anfíbias juntas somam 67% das espécies e estão atreladas a ecótonos.

A floresta de terra firme tem como suporte os terrenos de origem terciária, areno-argilosos, livres da influência das marés, permitindo a fixação de vegetação de maior porte (SILVA *et al.*, 2009). Ainda segundo Silva *et al.* (2009) citando Maciel (2001), as florestas de várzea são encontradas nas zonas de contato entre os terrenos terciários da Formação Barreiras e quaternários da planície amazônica e exercem a função de mata ciliar da bacia do Igarapé da Fortaleza. A formação em questão desenvolve-se em áreas de influência direta da ação das marés e suporta complexos arbóreos de médio e grande porte, estes últimos de porte mais baixo se comparados à floresta de terra firme.

A unidade fitoecológica cerrado é a mais bem distribuída na bacia, podendo ser subdividida em dois grupos, cerrado arbóreo-arbustivo e cerrado parque, devido a seus aspectos florísticos distintos. No cerrado arbóreo-arbustivo, a fitofisionomia é de estratos lenhosos pouco diversificados, com os principais representantes arbóreos medindo de 7 a 12 m. Outras espécies, de portes menores (entre 2 e 7 m) são, contudo, o maior número de espécies. No tipo cerrado parque, sobressaem-se as espécies lenhosas retorcidas e dispersas em meio aos estratos herbáceos. A unidade em referência é encontrada em cotas mais altas que as ressacas, florestas de várzea e terra firme sobre solos argilo-arenosos de baixa fertilidade em formações terciárias integrantes da Formação Barreiras (IEPA, 2008; SILVA *et al.*, 2009).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Para realização da pesquisa, recorreu-se a: revisão de literatura acerca do tema e da área de estudo, delimitação da área observada, seleção das imagens disponíveis e seus devidos tratamentos, definição das classes a serem levantadas, classificações supervisionadas das imagens e cálculos da

área total investigada e das áreas das classes em dois momentos distintos, com uma temporalidade de dez anos entre si (2010 e 2020), segundo ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.
Fonte: Silva, 2022.

A revisão de literatura foi realizada a partir de livros, relatórios e artigos que versavam sobre a temática do uso e ocupação do solo, em particular em áreas próximas a corpos hídricos e áreas úmidas, e estudos sobre a área da Lagoa dos Índios no tocante às características físicas, sociais, econômicas, territoriais e ambientais.

A delimitação da área do estudo foi realizada mediante a aplicação de alguns limites possíveis até se chegar ao recorte final. Entre eles figuraram os limites da bacia do Igarapé da Fortaleza, os limites entre os bairros e, os limites entre as zonas da cidade de Macapá.

Contudo, tais critérios mostraram-se incapazes de retratar a dinâmica histórica e espacial da mudança de uso e ocupação do solo no entorno da Lagoa dos Índios. Na busca por critérios mais adequados, chegamos à recomendação de Menin *et al.* (2017), que sugerem o critério da dinâmica superficial dos componentes de geomorfologia, geologia, pedologia e geotecnia da área diretamente afetada (ADA) como critério básico para a delimitação de áreas de estudo que envolvam a construção de rodovias.

Dada a indisponibilidade de tais dados, recursos e tempo para gerá-los, optou-se pelo descarte da metodologia anteriormente mencionada. Assim, elegeu-se a utilização do mapa de setores censitários do IBGE, organizado pela mesma instituição para o Censo 2020. Isso realizado, decidiu-se por selecionar os setores censitários que cobriam a área da Lagoa dos Índios e o seu entorno, destarte chegando-se a uma escala ideal para o propósito do trabalho (1:60.000).

No tocante à seleção das imagens, pesquisaram-se as que tivessem maior grau de detalhamento para o seu respectivo ano dentro das possibilidades de sua obtenção. Para os tratamentos/processamentos das imagens, utilizou-se o software open source QGIS, versão 3.16.

A imagem selecionada para o ano de 2010 é oriunda do satélite Resourcesat 1, do seu sensor de maior resolução (LISS 3), de resolução espacial de 23,5 m, obtida no portal eletrônico do Serviço Geológico do Estados Unidos da América (USGS). Para a devida identificação das classes, realizou-se uma composição colorida (RGB) a partir da mesclagem das bandas B5, B4 e B3.

Para a imagem de 2020 optou-se pela imagem do satélite CBERS 04A, disponibilizada no catálogo do Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE). O sensor elegido foi o WPM (Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura). Nessa imagem foi executado o mesmo procedimento da primeira, realização de composição colorida (RGB) com a mesclagem das bandas B4, B3 e B2. Posteriormente, realizou-se a fusão da composição colorida com sua banda pancromática B0, resultando em uma resolução espacial de 2 m.

Entre as múltiplas possibilidades de classes a serem observadas, consultaram-se trabalhos com objetivos semelhantes realizados em outras áreas e o manual de uso e ocupação da terra do IBGE (2013). Contudo, arbitrou-se por classes relevantes e consonantes com a área estudada. Assim, definiram-se cinco classes: urbano, vegetação, água, área úmida e solo exposto. A princípio, pensou-se em segmentar a classe vegetação de acordo com a fisionomia das matas, porém a imagem de 2010 poderia apresentar resultados inconsistentes; também não era o objetivo do trabalho ser exaustivo.

A classificação das imagens 2010 e 2020 foram executadas a partir do método de classificação supervisionada que, para Novo (2010, p. 316), “se baseia no pressuposto de que cada classe espectral pode ser descrita a partir de amostras fornecidas pelo analista”. Para esse fim e para os cálculos das áreas total e das classes foram usados o plugin *Semi Automatic Classification* e ferramentas próprias do QGIS, além da calculadora de campo, em hectare³ (ha).

4. RESULTADOS

³ A medida de 1 hectare equivale a 10.000 metros quadrados (m²), o equivalente a um campo de futebol oficial.
DOI: 10.5281/zenodo.12738473

Os produtos finais obtidos no estudo são dois mapas de uso e ocupação do solo da área de estudo referentes aos anos de 2010 e 2020 (Figuras 3 e 4, respectivamente) e um gráfico (Gráfico 1) que apresenta os percentuais de uso e ocupação por classe nos dois períodos analisados. Após os procedimentos devidos, calculou-se a área total em 5.141,7484 ha.

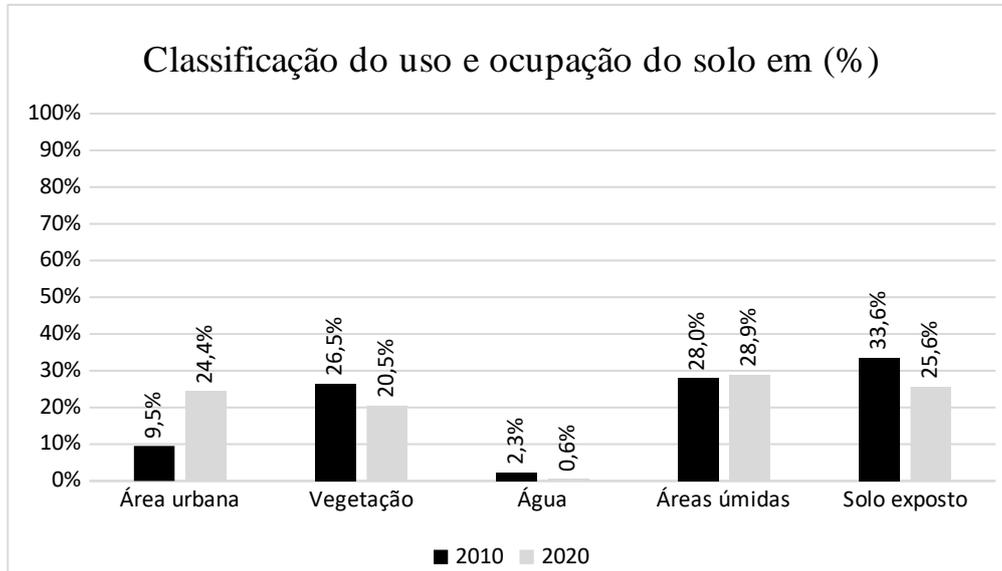


Gráfico 1 - Classificação do uso e ocupação do solo da área de estudo em 2010 e 2020.
Fonte: Silva, 2022.

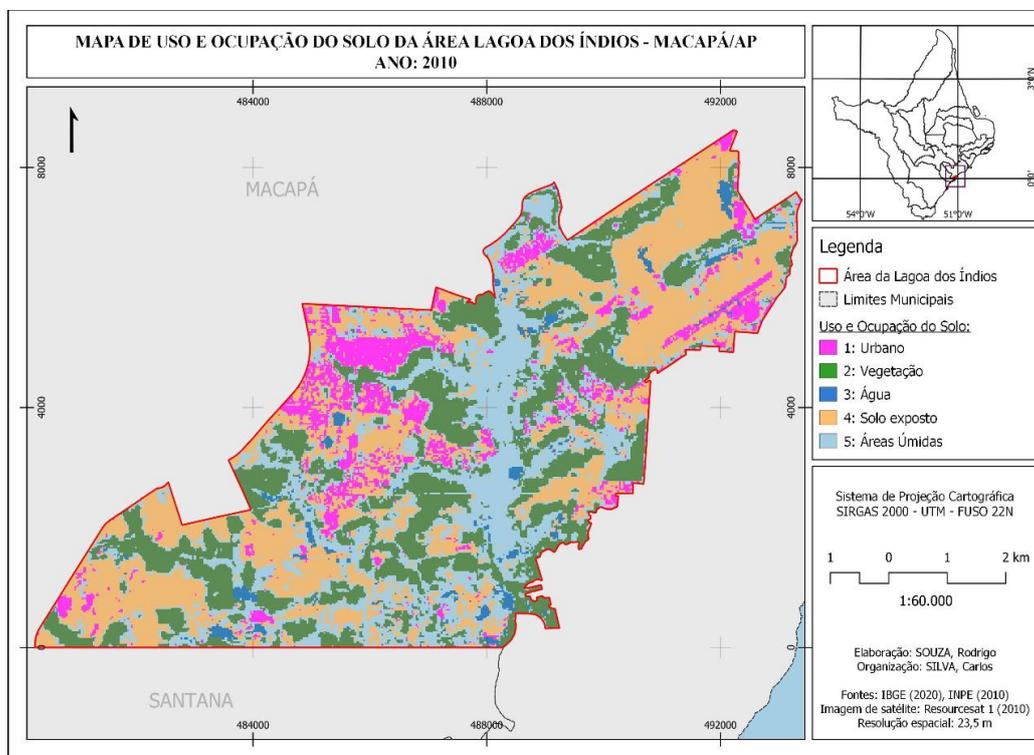


Figura 3 – Mapa de Uso e ocupação da Lagoa dos Índios-Macapá/Ap, Ano: 2010.
Fonte: IBGE, 2020; INPE, 2010; Elaboração: Souza, 2022. Organização: Silva, 2022.

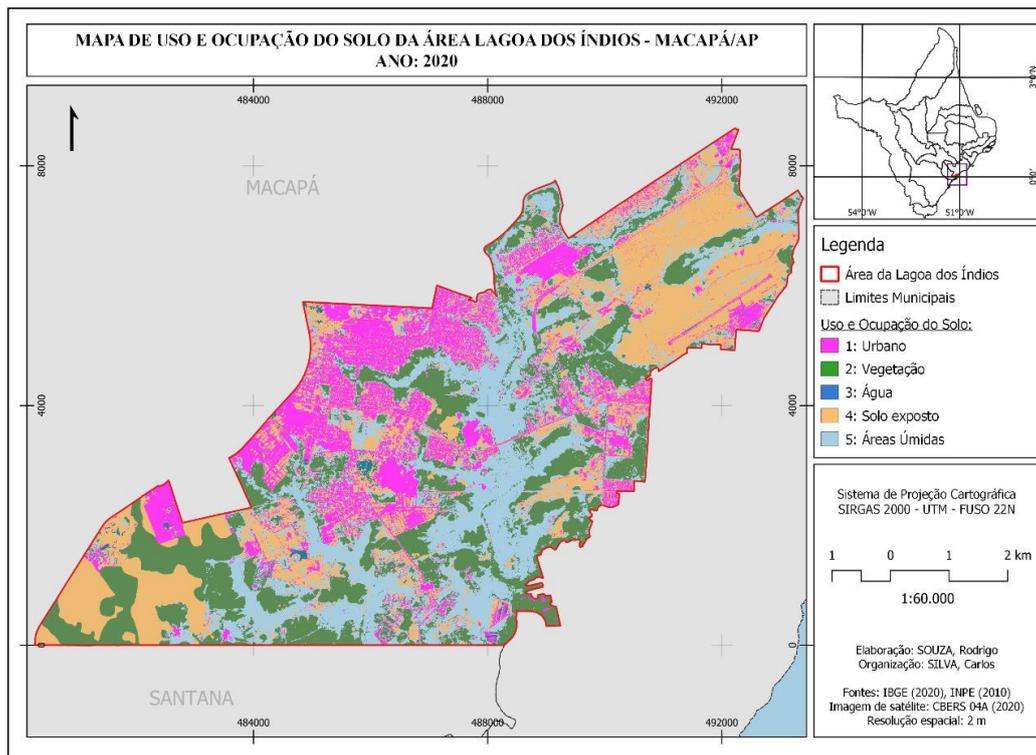


Figura 4 – Mapa de Uso e ocupação da Lagoa dos Índios-Macapá/Ap, Ano: 2020.
Fonte: IBGE, 2020; INPE, 2010. Elaboração: Souza, 2022. Organização: Silva, 2022.

5. DISCUSSÃO

5.1. Uso e Ocupação do Solo em 2010

A partir da classificação automática da imagem de 2010, chegamos aos percentuais de uso e ocupação da área conforme o Gráfico 1. A maior área era de solo exposto de 1,728,2578 ha, equivalente a 33,6% do total. Em seguida, áreas úmidas (1.426,1636 ha), representado 28%; vegetação (1.364,8525 ha), 26,5%, área urbana (490,6617 ha), 9,5%; e, por último, a classe água, contabilizada em 119,7466 ha, apenas 2,3% do total. As classes foram especializadas na Figura 3.

Conforme o Censo Demográfico de 2000 do IBGE (2002), no ano em referência, Macapá contava com uma população de 283.308 habitantes. Com a atualização dos dados do censo de 2010 (IBGE, 2012), o município passou a ter 398.204 habitantes, um crescimento de cerca de 28% em relação ao censo anterior.

Diante desse crescimento populacional, a zona oeste de Macapá, na qual está inserida a área de estudo, passou a ser palco importante de uma nova dinâmica do uso e ocupação do solo urbano do município, corroborando Bastos (2019, p.151), que asserta que “atualmente, a Lagoa dos Índios é

uma área de influência direta do crescimento urbano de Macapá, impactada pelas novas dinâmicas socioespaciais e pelas ações de agentes institucionais e mercadológicos”.

Nesse aspecto, verificamos que o uso do solo para a urbanização ainda é relativamente baixo e que as áreas úmidas e vegetação somam mais de 50% da área total. Mesmo com o alto percentual de solo exposto, é possível aferir que se trata em sua maior dimensão da área administrada pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), que engloba o Aeroporto Internacional de Macapá e seu entorno; manchas de cerrado; e em menor proporção, terrenos particulares descampados (ver Figura 3).

É relevante registrar que a área de estudo tem ocupação antiga, datada desde o fim do século XVIII. A Comunidade Lagoa dos Índios é um remanescente quilombola em vias de reconhecimento legal, iniciado em 2001. Outrora, essa comunidade desenvolvia seu modo de vida em harmonia com as condições físico-naturais da ambiência ressaca. Contudo, esse grupo social vem sofrendo pressões que não somente causam a degradação ambiental no entorno de seu território, mas que também ameaçam a sua reprodução cultural em virtude da especulação imobiliária (BASTOS, 2019).

5.2. Uso e Ocupação do solo em 2020

Os dados oriundos da classificação para o ano de 2020 apontaram como maior classe as áreas úmidas (1.481,4464 ha), representando 28,9% do total; em seguida temos, solo exposto, com 1.315,9600 ha (25,6%); área urbana, com 1.254,7887 ha (24,4%); vegetação, com 1.057,4961 ha (20,5%); e, por último, água com 30,7268 ha (0,6% do total), como se apresenta no Gráfico 1. As classes foram espacializadas na Figura 4.

A classe mais intrigante é a das áreas úmidas, pois aumentou em 0,9% no período estudado (Gráfico 1). Por isso, foram realizadas novas classificações na tentativa de revelar algum equívoco. Em resultado, foi possível aferir que a extensão do QGIS utilizada e o treinamento dado ao software para identificar as classes estavam dentro da normalidade e não apresentavam erros grosseiros na identificação das classes. Todavia, vale ressaltar que a grande diferença de resolução entre as duas imagens é algo a ser considerado, conforme detalharemos adiante.

Por conseguinte, a classe água apresentou uma redução significativa. O percentual de 2% da área total reduziu-se a 0,6% (Gráfico 1). A primeira hipótese levantada apontou para os aterros, pois até o poder público realizou tais intervenções no período em evidência. O aterro para a implantação das novas faixas de rolagem na duplicação da rodovia Duca Serra foi uma delas. Também é possível que pequenos aterros também tenham sido feitos pela população nas áreas de transição entre terra firme e áreas úmidas ou até mesmo diretamente em corpos hídricos de pequena extensão.

Outra hipótese aventada para essas mudanças percentuais foi a incapacidade da extensão de classificação do QGIS em agrupar devidamente a classe água e a classe áreas úmidas, principalmente nas áreas de transição. Desse modo, conferidas novamente as classificações, concluiu-se que essa diferença se dá, também, por motivo da qualidade das imagens utilizadas para os dois momentos em tela, pois a imagem de 2010 tinha resolução de 23,5 m, enquanto a de 2020, 2 m, ou seja, é provável que os percentuais das classes áreas úmidas e água apresentem alguma distorção por força da baixa resolução da imagem de 2010, além da variação da precipitação ao longo da década estudada.

A classe solo exposto encolheu 8% no período 2010-2020; inicialmente, detinha 33,6%, e passou a 25,6% (Gráfico 1). Nessa análise evidenciou-se que, a partir dos cálculos das áreas por classe, terrenos descampados passaram a ter o uso urbano, que em 2010 representava 9,5% do total e em 2020, 24,4%, mais que o dobro, como demonstram o Gráfico 1. Vale salientar que a diferença entre o decréscimo do solo exposto no período analisado não significa que exclusivamente as áreas descampadas se converteram em uso urbano, uma vez que na análise espacial se verificou que novas áreas de solo exposto surgiram.

A vegetação também apresentou retração, dado que em 2010 representava 26,5% do total da área e em 2020, apenas 20,5%, conforme apontado no Gráfico 1. A maior parte da vegetação extinta encontrava-se nas bordas das áreas úmidas (ver Figuras 3 e 4) e, apesar da redução observada na cobertura vegetal, também se apurou o surgimento de formações vegetais secundárias, em especial, no setor sudoeste.

Contudo, é preciso destacar que o aumento da área urbana e da redução da vegetação certamente são parte dos fatores ligados à redução da água em superfície, em razão do aumento da velocidade de escoamento e da capacidade de infiltração, causado pela impermeabilização do solo e pela redução da interceptação realizada pela vegetação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da seleção, tratamento e análise dos produtos cartográficos gerados, foi possível verificar que, de fato, há uma pressão em escalada sobre a Lagoa dos Índios e seu entorno. A conversão de áreas preservadas ou não ocupadas e já desmatadas passou a ter algum tipo de uso no período entre 2010 e 2020, e o grande destaque foi a crescente urbanização mediante a melhoria da infraestrutura da área, o que atraiu a abertura de novos lotes para a construção de condomínios fechados na região.

Outrossim, é possível verificar o aumento da urbanização nas bordas de áreas de ocupação mais antigas em direção às áreas úmidas. Estas foram ocupadas pela população de menor poder aquisitivo, visto que esses lotes são mais baratos e, em alguns casos, são até fruto de ocupação, sem qualquer

tipo de negociação financeira pela posse da terra. Esses lotes geralmente demandam desmatamento e aterros, que se configuram como uma intervenção problemática tanto do ponto de vista da qualidade da moradia como pelo ponto de vista ambiental.

No tocante ao percentual de redução da classe água, foi inconclusivo se tal decréscimo está relacionado à diferença abissal da qualidade das imagens, à sazonalidade climática, às inserções antrópicas ou se de fato ocorreu um rearranjo oriundo da combinação de todos os fatores anteriormente mencionados nesse geossistema. Contudo, é possível asseverar que as mudanças na ocupação e no uso do solo ocorridas no período analisado alteraram totalmente a dinâmica de escoamento e infiltração das águas e de sedimentação da área.

Em síntese, por mais que existam instrumentos legais que ordenem o uso e a ocupação do solo, e a proteção ambiental nos níveis municipal e estadual, não há garantias de que esses instrumentos serão aplicados, visando ao equilíbrio entre a reprodução material da sociedade no modo de produção capitalista e a preservação/conservação ambiental. Essa concepção juspositivista aponta as soluções, mas não cria o aparato necessário para que os instrumentos formais sejam viabilizados e o ordenamento territorial ocorra de forma planejada, monitorada e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS

AMAPÁ. **Lei nº 0455, de 22 de julho de 1999.** Dispõe sobre delimitação e tombamento das áreas de ressaca localizadas no Estado do Amapá e dá outras providências. Macapá: Assembleia Legislativa do Estado do Amapá, [1999]. Disponível em: http://www.al.ap.gov.br/ver_texto_consolidado.php?iddocumento=287. Acesso em: 01 jul. 2022.

AMAPÁ. **Lei nº 0835, de 27 de maio de 2004.** Dispõe sobre a ocupação urbana e periurbana, reordenamento territorial, uso econômico e gestão ambiental das áreas de ressaca e várzea localizadas no Estado do Amapá e dá outras providências. Diário Oficial do Estado: Macapá, AP, nº 3286, 27 maio 2004.

BASTOS, C. M. Chaves B. Ressaca e Comunidade Lagoa dos Índios em Macapá/AP: entrelaçamento do patrimônio ambiental cultural. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, n. 11, p. 151-161, 2019.

CARVALHO, J. M. A.; FARACO, M. T. L.; KLEIN, E. L. **Carta geoquímico-metalogenética do ouro no Amapá/NW do Pará:** nota explicativa. Belém: CPRM/SGB, 1995. 4p. 1 mapa. Escala 1:500.000.

DRUMMOND, J. A.; DIAS, T. C. A. C.; BRITO, D. M. C. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá.** Macapá: SEMA-AP, 2008.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FEREIRA, J. F. C.; CORRÊA, J. M.; ALCANTARA JUNIOR, J. E. Sustainability assessment in the Brazilian Amazon: the municipalities of the state of Amapá. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, p. 15725-15738, 2021.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143p.

FRITSCH, U. **Entwicklung von Landnutzungsszenarien für landschaftökologische Fragestellungen**. 2002. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. Nat.) in der Wissenschaftsdisziplin Geoökologie. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam, 2002.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 192p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Documentação do Censo 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IEPA - INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá**: primeira aproximação do ZEE. 3. ed. rev. ampl. Macapá: IEPA, 2008.

MACAPÁ. **Lei complementar nº 026, de 20 de janeiro de 2004**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Macapá e Dá Outras Providências. Macapá: Câmara Municipal, [2004]. Disponível em: <https://referenciabibliografica.net/a/pt-br/example/index/abnt/legislation>. Acesso em: 01 jul. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 172p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 208p.

MENIN, F. A. *et al.* Critérios de delimitação de áreas de influência em Estudos de Impacto Ambiental de rodovias: abordagem de processos de dinâmica superficial. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 17, n. 3. p. 209-224, 2017.

MIQUELONI, D. P.; GIANELLO, E. M.; BUENO, C. R. P. Variabilidade espacial de atributos e perda de solo na definição de zonas de manejo. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 18-28, 2015.

NAHARUDDIN, N.; MALIK, A.; AHYAUDDIN, A. Soil Loss Estimation for Conservation Planning in the Dolago Watershed Central Sulawesi, Indonesia. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 7m-, p. 242-251, 2021.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 389p.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I.** 2014. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

RAJ, P. P. N.; AZEEZ, P. A. Land Use and Land Cover Changes in a Tropical River Basin: A Case from Bharathapuzha River Basin, Southern India. **Journal of Geographic Information System**, v. 2, p. 185-193, 2010.

RODRIGUES, G. O. *et al.* Estimativa da taxa de perda de solo por erosão hídrica na Mesorregião de Ribeirão Preto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

ROSS, J. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

SANTOS, V. F. *et al.* Dinâmica Geomorfológica. In: SANTOS, V. F.; FIGUEIRA, Z.R. (orgs). **Diagnóstico Socioambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá.** Macapá: IEPA, 2014.

SANTOS, V. F. *et al.* Geologia. In: SANTOS, V. F.; FIGUEIRA, Z. R. (Orgs). **Diagnóstico Sócio-Ambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá.** Macapá, IEPA, 2004.

SILVA, A. Q. *et al.* Valoração ambiental das unidades fitoecológicas remanescentes da bacia hidrográfica do Igarapé Fortaleza. **OLAM – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, v. 9, n. 2, p. 354-384, 2009.

SILVA, E. A. C. **Mercadoria perde-se o valor de uso na cidade: regularização fundiária e a expansão urbana na cidade de Macapá — Amapá.** 2017. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

SILVA, E. A. C. Quando a terra urbana avança como mercadoria, aprofunda-se a segregação socioespacial. **Confins**, n. 55, 2022.

SILVA, G. A. B.; DAVID, P. L. D.; BIANCHI, G. A utilização do SIG para o planejamento urbano. **ANAP Brasil**, v. 10, n. 21, p. 79-89, 2017.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 15, n. 50, p. 138-151. 2014.

TEIXEIRA, A. *et al.* Qual a melhor definição de SIG. **Revista FATOR GIS**, n. 11, 1995.

THOMAZ, D. O.; COSTA NETO, S. V.; TOSTES, L. C. L. Inventário florístico das ressacas das bacias do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú, Municípios de Santana e Macapá. In: TAKIYAMA, L. R.; SILVA, A. Q. (Orgs.). **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú.** Macapá: IEPA, 2004. p. 11-29.

TORRES, A. M.; OLIVEIRA, D. M. Caracterização Sedimentológica e Variáveis Ambientais das Áreas Úmidas Costeiras das Bacias Hidrográficas do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú, Municípios de Santana e Macapá. In: TAKIYAMA, L. R.; SILVA, A. Q. (orgs.). **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú.** Macapá: IEPA, 2004. p.155-166.

VERÍSSIMO, A. *et al.* Priority areas for establishing national forests in the Brazilian Amazon. **Conservation Ecology**, Waterloo, v. 6, n. 1, 2002.

WISCHMEIER, W. H. E.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains**. Washington: USDA, 1965. 47p.