



VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BARRA DEPOSICIONAL DO SISTEMA HIDROGRÁFICO COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO-MANAUS-AM

Daiane Cardoso Lopes Batista ¹
Adorea Rebello da Cunha Albuquerque ²

RESUMO

A bacia Amazônica é composta por rios, cujas diferentes características físico-químicas se refletem tanto na cor da água, como na composição sedimentar. O rio Negro, classificado como um rio de água preta, nasce em Guainía, região da Colômbia. Ao adentrar o Brasil, registra-se a presença de diversas bacias hidrográficas, que redesenham e modelam o relevo da cidade de Manaus. No extremo leste da cidade, situa-se o Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo, área deste estudo, cujo diferencial consiste em apresentar a foz represada. Essa faixa ou barra estabeleceu-se a partir de três processos: do condicionamento da morfoestrutura da região; de uma área de intenso fluxo de energia, que é o Encontro das Águas que faz parte do (Complexo Hidrográfico Amazônico); e da contribuição do Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo, tornando-se assim permanente. A pesquisa busca analisar a vulnerabilidade ambiental antrópica existente na unidade de paisagem (barra deposicional) por meio de dados primários - *Remotely Piloted Aircraft* – RPA. Adotando caráter quali-quantitativo, com abordagem sistematizada, relacionando os dados primários, como mapeamento aéreo com o uso de *Remotely Piloted Aircraft* – RPA – DJI AIR2S e processamento digital de imagens em nuvem com a plataforma de software livre – *Opendronemap*. Os produtos gerados, como a ortofoto de alta resolução espacial, permitiram a quantificação da área com 1.099.935 m², o que equivale a 109,99 ha e identificou-se uma área de 180.444 m², correspondente a 18,04 ha de supressão da vegetação ciliar. Por meio dos modelos processados, foi possível classificar a vegetação por altura, correspondente aos seguintes intervalos (1 – 5m 26%) vegetação baixa, (5 – 15 m) 64%, vegetação média, (acima de 15 m 10%) vegetação alta. O quantitativo de vegetação alta é considerado de idade mais antiga e se encontra extremamente vulnerável às práticas agrícolas, constituindo um grande potencial aos processos erosivos fluviais.

Palavras-chave: Vulnerabilidade, Bigdata, Antrópico.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são constituídas de dinâmica (matéria e energia). Esta interação recebe mudanças de várias formas, seja por processos naturais pedogenéticos ou antropogênicos. Devido a esta dinâmica ser de ordem difusa, os processos atuantes na bacia hidrográfica, principalmente o de deposição de material, são componentes

¹ Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, daiane.batista@ufam.edu.br;

² Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Professora do Departamento de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas adorea27@yahoo.com;



essenciais para a construção de uma compreensão integrada da evolução dos sistemas fluviais, do relevo e das paisagens (Bridgland et al., 2003). Mas a sua interpretação em ambientes tropicais nem sempre é viável devido à alta taxa de remoção dos pacotes sedimentares pelo intemperismo, que acabam quase sempre desgastados.

Ainda, segundo Magalhães Jr. (2020), os depósitos fluviais são constituídos por sedimentos transportados e depositados por cursos d'água, ou seja, por fluxos concentrados em canais de escoamento. No caso do Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo (SHCAA), os processos atuantes de deposição de sedimentos nos cursos d'água do sistema hidrográfico são um processo que ocorre de forma contínua, seja devido ao condicionamento natural, seja pela intervenção humana em áreas de solo exposto ou em declives acentuados.

A barra sedimentar, de acordo com as investigações dentro da pesquisa, surge a partir de três processos: do condicionamento da morfoestrutura da região, de uma área de intenso fluxo de energia, o Encontro das Águas, que faz parte do (Complexo Hidrográfico Amazônico), e da contribuição da microbacia da Colônia Antônio Aleixo, tornando-se assim permanente, recoberta pela vegetação e, em períodos de cheia, parte do depósito é recoberto pelo rio Negro.

A atual funcionalidade deste depósito, além de represar a foz da microbacia do Colônia Antônio Aleixo, se configura em determinados períodos como um interflúvio ou divisor, pois separa a microbacia hidrográfica Colônia Antônio Aleixo do Rio Amazonas.

Contudo, a pesquisa ressalta a relevância de entender a dinâmica e transformação dos processos fluviais locais, uma vez que a barra sedimentar exerce diversas funções e atuações. É essencial evidenciar que durante a pesquisa, foram feitos diagnósticos atuais, futuros e, principalmente, utilizadas imagens e softwares de processamento e mapeamento para facilitar a espacialização e interpretação das mudanças naturais e antropogênicas.

As imagens de sensoriamento remoto e o uso de imagens de *Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronaves Remotamente Pilotadas, doravante RPAs, conhecidas popularmente como drones, capturam sem contato direto com a superfície terrestre, por meio de sobrevoo e mapeamento, possibilitando melhor identificação e interpretação da área de estudo.

Os RPAs são uma classe de aeronaves pilotadas remotamente ou de forma automática por meio da utilização de coordenadas predefinidas. São uma tecnologia



emergente, conhecida historicamente por seu papel em aplicações militares (Irizarry; Costa, 2016).

Existem inúmeras aplicações de uso das imagens de RPAs, como na agricultura, mineração, transporte, segurança, meio ambiente etc. Apesar da comercialização dos drones ter se tornado amplo, a legislação ainda precisa avançar no quesito segurança das operações dos drones e criar um sistema de supervisão seguro e desenvolver um sistema complexo de gestão de tráfego aéreo para RPAs, para evitar colisões com outros objetos voadores (SDCI, 2017).

Essas técnicas e imagens são ferramentas que dão suporte à análise ambiental que é um processo investigativo científico, que auxilia na compreensão dos fenômenos que atuam nas unidades de paisagens. A busca de conhecimento, intrínseca ao ser humano, inicia-se pela observação e identificação de fato ou questionamento intrigante (Xavier Silva, 2018).

Desta maneira, a pesquisa busca analisar a vulnerabilidade ambiental antrópica existente na unidade de paisagem (barra deposicional) por meio de dados primários, RPAs.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Área de Estudo

Situada na Zona Leste de Manaus, no estado do Amazonas, o Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo é banhado por uma bacia que tem origem na serra do Imeri, localizada na região andina do Departamento de Guainía. Sua nascente principal é o rio Guainía, que corre no sentido sudeste até encontrar o rio Solimões, formando o rio Amazonas.

Na margem esquerda do rio Negro, há de diversas bacias e microbacias hidrográficas que redesenham e modelam o relevo da cidade de Manaus. No Extremo Leste da cidade, situa-se o Sistema Hidrográfico da Colônia Antônio Aleixo. Seu diferencial constitui-se em apresentar uma foz represada por uma extensa barra de depósito sedimentar longitudinal de 4 km de extensão, que separa o Sistema Hidrográfico do rio Amazonas (Figura 1).

Classificado pelo projeto Pronasolos (Embrapa) como RYve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico. Ou seja, possui textura arenosa ou média, com alta fertilidade natural e com boa disponibilidade de nutrientes. Formou-se naturalmente em decorrência das dinâmicas que condicionam o sistema fluvial.

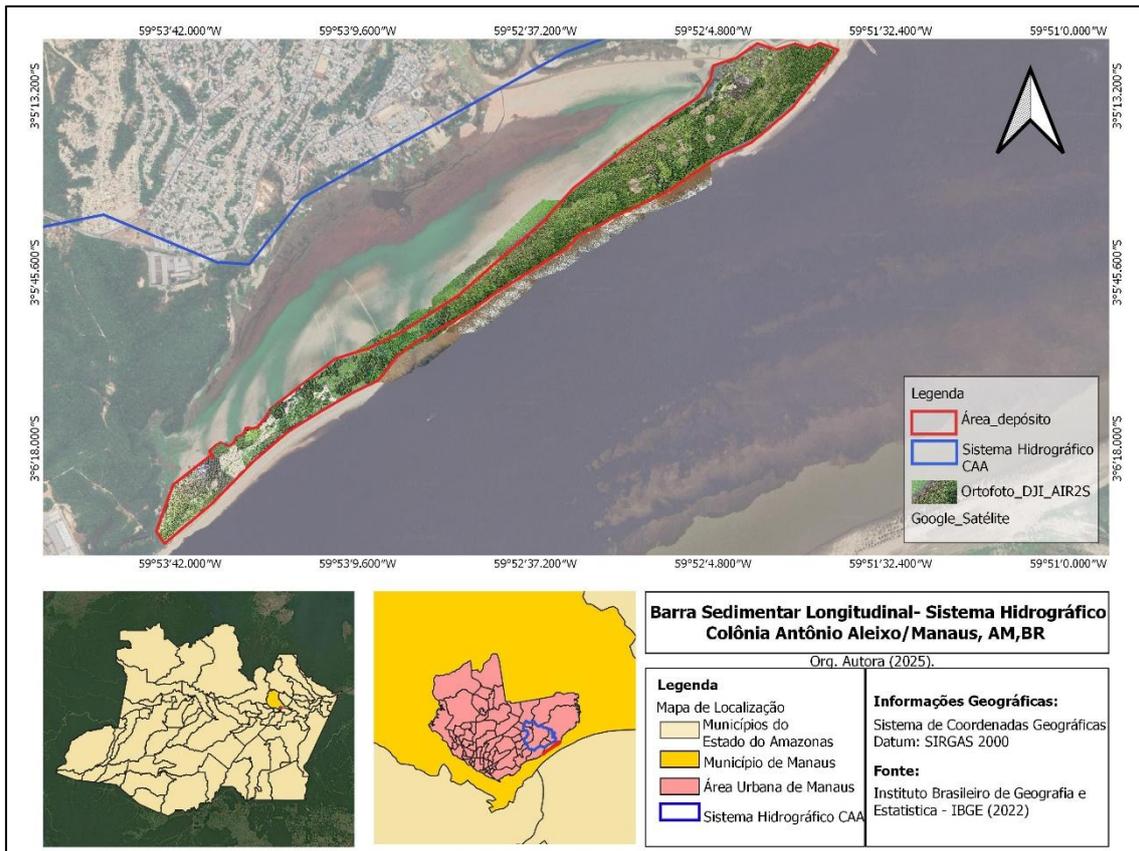


Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo.

O regime fluvial do Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo é classificado como intermitente, pois nos meses de outubro, dezembro e janeiro a cheia ocorre, alcançando a faixa da planície de inundação, enquanto nos meses de junho, julho e agosto ocorre o período da vazante. Dependendo do regime (cheia/vazante) da bacia, a paisagem é transformada e modificada conforme a dinâmica fluvial dos rios de extensas dimensões, como o rio Negro.

A pesquisa tem característica quali-quantitativa, com a abordagem sistematizada, relacionando os dados primários, tais como:

- ✓ Pontos de Controle;

Para aquisição dos pontos de controle, foi utilizado um receptor GNSS Trimble DA2 Geo com correção Center Point RTX, da empresa Amazontop Equipamentos Topográficos. Este equipamento consegue atingir precisão em tempo real, de nível RTK, sem precisar de uma base RTK convencional ou estar em locais com cobertura de celular/internet, pois a correção diferencial é enviada via satélite (Geodata, 2025).

Os pontos de controle foram utilizados para agregar maior precisão ao mapeamento com o ARP. No caso da pesquisa, utilizaram-se alvos naturais, reconhecidos pela imagem do Drone. Foram coletados 14 pontos com o GNSS, distribuídos ao longo da barra sedimentar (Figura 2).

Especificações	Valores	Unidade
Altura	120	Metros
Sobreposição	80	%
Velocidade	32	Km/h
Altura eixo Y	3648	Pixel
Largura eixo X	5472	Pixel



Nome	Northing	Eastng	Elevation	Proc.H	Proc.V
Ponto 1	9561129	167458.8	13.72200	0.03	0.04
Ponto 2	9561131	167471.2	13.02729	0.04	0.06
Ponto 3	9559666	181821.2	14.04017	0.02	0.33
Ponto 4	9559548	161020.6	16.41246	0.03	0.04
Ponto 5	9559638	181554.8	13.90769	0.03	0.04
Ponto 6	9557707	178920.6	12.92821	0.03	0.06
Ponto 7	9557686	178909.9	11.24347	0.01	0.03
Ponto 8	9557727	178866.3	15.88718	0.01	0.04
Ponto 9	9558518	178802.6	23.99811	0.01	0.04
Ponto 10	9558378	179373.1	21.99630	0.26	0.04
Ponto 11	9558613	179536.6	20.33221	0.28	0.41
Ponto 12	9559668	179447.4	21.43162	0.15	0.49

Figura 2. Coleta dos pontos de controle e parâmetros da câmera e do voo.

✓ Levantamento Aerofotogramétrico;

O modelo do RPA utilizado no mapeamento foi o DJI Air2S, com ISSO 100 e Foco 2.8. Documentações e autorizações foram solicitadas, atendendo aos requisitos estabelecidos no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial n. 94/2017 (RBAC- e n. 94/2017) pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea) e Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel).

Para o mapeamento aerofotogramétrico, planejou-se o voo com o aplicativo Dronelink, versão profissional 5.0.3. As configurações foram sobreposição frontal de 80%, sobreposição lateral de 80%, altitude do voo de 120 metros, conforme a legislação prevista. Foram utilizadas nove baterias para gerar 820 imagens do interflúvio.



A janela de voo para realizar o mapeamento, de acordo com Carmelo (2022), para estabelecer o intervalo de tempo ideal para realizar a aerofotogrametria que se configura a partir do zênite (hora de pico): extraindo-se três horas e acrescentando-se três horas.

O horário do mapeamento e o posicionamento geográfico são relevante, principalmente para a disposição da luz solar na imagem, uma vez que as janelas de voo minimizam as sombras nas imagens.

✓ **Processamento das Imagens;**

As imagens foram processadas com *Opendronemap*, que é uma plataforma de software livre que permite criar mapas a partir de imagens capturadas por drones.

Os programas de mapeamento aéreo por RPAs, utilizam a sobreposição longitudinal e lateral para proporcionar mais de uma foto do mesmo ponto do solo, possibilitando melhor precisão e visão tridimensional de todos os objetos mapeados.

O *Opendronemap* (ODM), utiliza diversos algoritmos para processar as imagens, tais como: SFM (*Struct From Motion*), que gera uma rede de triangulação entre os pontos comuns na imagem; Multi-View Stereo (MVS), que utiliza o OpenMVS para gerar densificação da nuvem de pontos; Meshing e Texturização, que usa o Poisson Surface Reconstruction e o MVS-texturing para gerar malhas tridimensionais texturizadas; Ortorretificação e Geração de Ortomosaicos, que emprega a biblioteca do GDAL para corrigir distorções e alinhar imagens georreferenciadas; Classificação do Terreno, que implementa o *Simple Morphological Filter* (SMRF) para separar vegetação e construções do terreno nu; Processamento de Nuvens de Pontos, que usa a biblioteca PDAL para manipulação e filtragem da nuvem de pontos.

Os produtos gerados pós-processamento foram: modelo digital de superfície (MDS, alta capacidade de mapear grandes áreas); modelo digital de terreno (MDT); Nuvens de pontos; imagem ortomosaico e curvas de níveis.

✓ **Análise Ambiental;**

Para a análise ambiental da barra deposicional, atingiu-se um dos objetivos principais, que é a elaboração da base de dados georreferenciados e as variáveis associadas à análise ambiental que são: meio físico (geomorfologia, altimetria, declividade), meio biótico (cobertura vegetal).



A partir da base de dados e das variáveis ambientais, utilizou-se o modelo digital do terreno, com um plano de referência estável (terreno), para modelar espacialmente as áreas suscetíveis à erosão fluvial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por constituir-se de solo nutritivo, o depósito sedimentar tem sido alvo de atividades antrópicas, principalmente do desmatamento, da prática da agricultura extensiva, da extração de madeira, conseqüentemente resultando na exposição do solo, ocasionando a erosão, perda de solo e redução da vegetação ciliar.

A precisão dos pontos de controle foi essencial para a sobreposição das ortofotos em forma de mosaico, pois a partir deste produto, das nuvens de pontos e dos modelos extraídos no *Cloudcompare*, tornou-se perceptível a identificação de atividades antropogênicas passíveis de análise ambiental.

Os produtos gerados permitiram a quantificação da área da barra deposicional, apresentando 1.099.935 m², o que equivale a 109,99 ha. Com o grau de detalhamento e precisão, foi possível identificar uma área de 180.444 m², correspondente a 18,04 ha de supressão da vegetação ciliar.

Deste modo, foi possível classificar a vegetação por altura, que corresponde ao intervalo de (0 – 5m) 26% de vegetação baixa, (5 – 15 m) 64% de vegetação média, (acima de 15 m) de 10% Vegetação alta. Esses quantitativos de vegetação alta e média são considerados de idade mais antiga (Figura 3), e encontram-se extremamente vulneráveis às práticas agrícolas, constituindo um grande potencial para os processos erosivos fluviais, principalmente nas margens do rio Amazonas, onde a dinâmica fluvial é intensa.

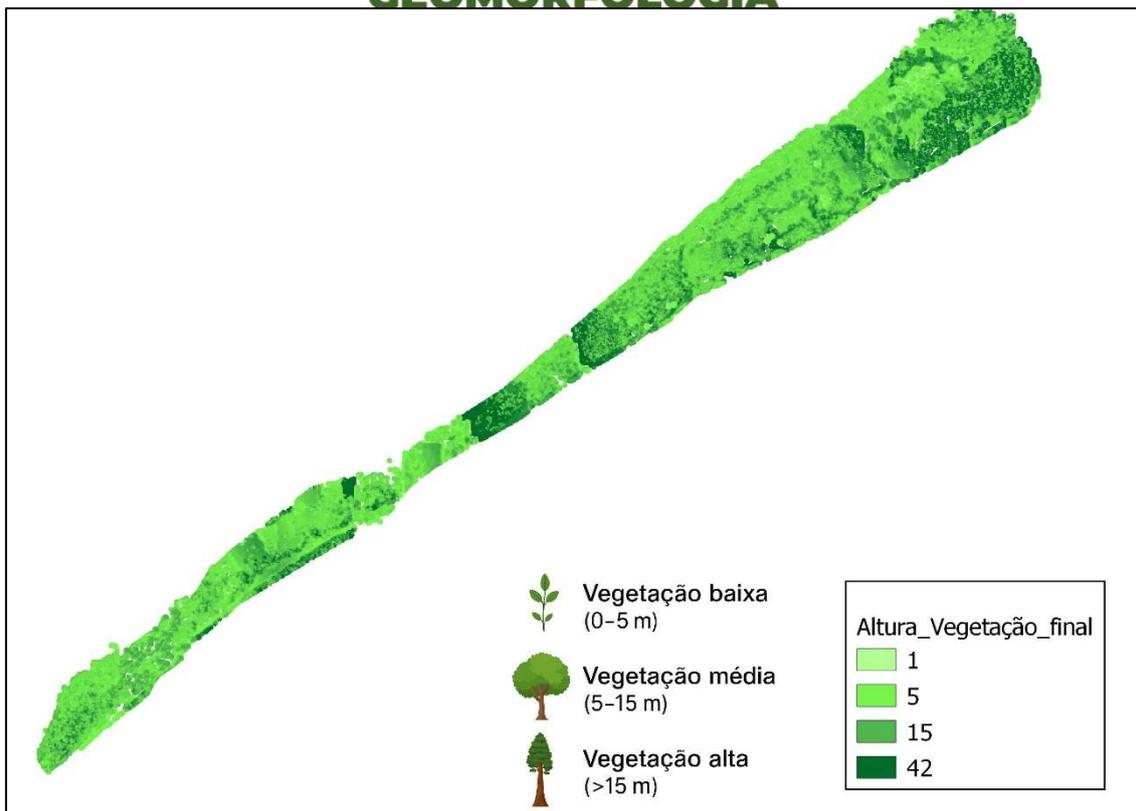


Figura 3. Modelo Digital da Superfície (MDE) e Modelo Digital do Terreno (MDT).

Da subtração dos modelos foi gerado um mapa de diferenças, onde as cores indicam as mudanças. No caso, as áreas em verde correspondem à vegetação; áreas em amarelo são áreas de deposição; e áreas em vermelho ou laranja são as áreas desmatadas e passíveis de erosão.

As áreas que possuem contato hidráulico com o Encontro das Águas podem ser observadas pelos modelos e pelas ortofotos. Nelas predomina a erosão fluvial em forma de sulcos.

Já à margem esquerda da barra, onde o contato é feito com o Sistema Hidrográfico da Colônia Antônio Aleixo, contactou-se a predominância de sedimentação. Isto decorre, principalmente, pela instalação de novos portos nas margens e pela intensificação do processo de desmatamento e ocupação do solo no médio curso do Sistema Hidrográfico (Figura 4).

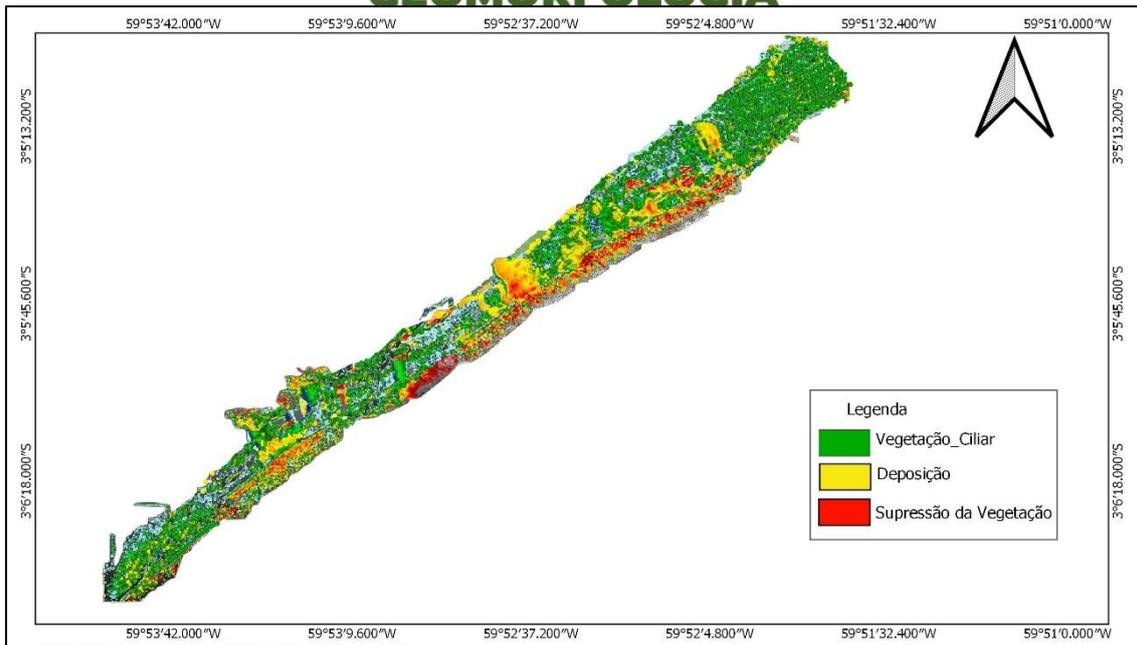


Figura 4. Modelo evidenciando áreas vulneráveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância dos estudos em escalas locais ou partindo de depósitos sedimentares nas bacias hidrográficas embasa e auxilia a compreensão de processos atuantes. Acredita-se que os processos estruturais atuam como condicionantes no Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo e que alterar parte desse processo estruturante, resultaria na exposição do médio e baixo curso do Sistema Hidrográfico a inundações, erosão e perda do solo.

São inegáveis as atividades antropogênicas no Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo. Como um sistema em rede ou integrado, partes dos seus cursos foram modificados, assoreados tanto de forma natural quanto antrópica. Essas mudanças diminuem o tempo de resposta do sistema hidrográfico, o que impacta na mudança da paisagem e na sustentabilidade das comunidades locais.

Este estudo possibilita uma discussão para que se possa entender a dinâmica do Sistema Hidrográfico Colônia Antônio Aleixo em uma análise de caso detalhada, contribuindo para diagnósticos ambientais sobre a vulnerabilidade dos recursos naturais, assim como pode ser adaptado e aplicado a outros estudos relacionados às bacias hidrográficas.



AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEOG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94, de 2 de maio de 2017. **Estabelece requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 20/03/2025.

Bridgland, D. R., Howard, A. J., & White, M. J. (Orgs.). (2003). **O Quaternário do Baixo Tâmsa: Guia de Campo.** Londres: *Quaternary Research Association*.

Carmelo Silva, J. R. **Vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano na zona de transição e expansão urbana de Manaus-AM.** 271f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas - Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia. Manaus, AM, 2024.

Silva, J.X. da S.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e meio ambiente.** 3º ed. Bertrand. Rio de Janeiro, 2018.330p.

Magalhães Junior, A. P. **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais.** 1ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2020.

A Secretaria de Desenvolvimento Industrial e Competitividade (SDCI) publicou o estudo realizado em parceria com a Diretoria-Geral de Mobilidade e Transportes (DG MOVE) no âmbito do Programa Diálogos Setoriais Brasil - União Europeia, 2017.

Irizarry, J.; costa, D. B. **Explorando aplicações de sistemas aéreos não tripulados na construção.** In: 52ª Conferência Internacional Anual das Escolas Associadas de Construção. Anais [...]. Provo, UT: Brigham Young University, 2016. p. 611-619. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303002854_Exploring_applications_of_unmanned_aerial_systems_in_construction. Acesso em: 22.03.2025.