

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEOG

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E SEUS
REFLEXOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA NO RIO TARUMÃ-AÇU**

SAYANE NERY DOS SANTOS

Manaus
2024

SAYANE NERY DOS SANTOS

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E SEUS
REFLEXOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA NO RIO TARUMÃ-AÇU**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia, linha de pesquisa Domínios da Natureza na Amazônia.

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO RIBEIRO MARINHO

Manaus

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S237d Santos, Sayane Nery
Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e seus reflexos sobre a qualidade da água da bacia no rio Tarumã-Açu / Sayane Nery Santos . 2024
75 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Rogério Ribeiro Marinho
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Bacia Hidrográfica Tarumã-Açu. 2. Qualidade da água. 3. Uso da terra. 4. Impactos ambientais. I. Marinho, Rogério Ribeiro. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E SEUS
REFLEXOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA NO RIO TARUMÃ-AÇU

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Rogério Ribeiro Marinho
Universidade Federal do Amazonas

1º Avaliador: Flávio Wachholz
Universidade do Estado do Amazonas

2º Avaliador: João Cândido André da Silva Neto
Universidade Federal do Amazonas

Manaus

2024

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conquista e gratidão, desejo expressar minha profunda reverência a Deus por me guiar e me conceder a oportunidade de alcançar este marco significativo em minha jornada acadêmica.

Reconheço com imensa gratidão o suporte dos meus pais. Desde os primeiros passos na busca pelo conhecimento, eles foram meu pilar de sustentação, transpondo obstáculos e sacrificando-se para que eu pudesse trilhar meus caminhos.

Expresso também minha profunda gratidão ao meu orientador, Rogério Marinho. Sua paciência, acolhimento, compreensão e persistência foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sua dedicação e compromisso foram verdadeiramente inspiradores.

Não posso deixar de mencionar a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade e apoio financeiro concedido por meio da bolsa de fomento.

Ao meu querido companheiro, Carlos Eduardo, agradeço por seu apoio inabalável, incentivo constante e sábios conselhos ao longo de todo o processo. Sua presença ao meu lado, compartilhando alegrias e desafios, foi um verdadeiro refúgio em momentos de incerteza.

Aos meus amigos, sou imensamente grata pela troca de experiências, incentivo e apoio incondicional ao longo desta jornada. Em especial, agradeço a Cristiane Nunes pelas valiosas conversas, a Lauriane Oliveira pelo apoio incansável e incentivo, e a Matheus Silveira pela generosa ajuda e colaboração.

Às minhas amigas de longa data, Bruna Silva, Laryssa Barbosa e Vanessa Guimarães. Suas amizades foram um bálsamo em momentos de desafio e uma fonte inesgotável de alegria e conforto.

Por fim, estendo minha sincera gratidão a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Seja por meio de palavras de incentivo, apoio, colaboração direta ou indireta. Que esta conquista seja também um incentivo para trilhar minha jornada acadêmica e pessoal.

Obrigada!

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, localizada na zona oeste da cidade de Manaus, enfrenta desafios significativos relacionados à qualidade de suas águas devido à urbanização e à poluição decorrente das atividades humanas, onde deságua na Marina do Davi, um importante ponto de embarque e desembarque na região. Esta dissertação tem como objetivo analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra e a qualidade da água no baixo curso do Rio Tarumã-Açu. Utilizando dados do Mapbiomas, que oferece mapeamentos anuais desde 1984 com imagens de satélite Landsat, foram produzidos mapas que destacam as mudanças na paisagem ao longo do tempo. Mapas multitemporais foram elaborados para os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020. Foram analisados a variação espaço-temporal do pH, condutividade elétrica, turbidez e transparência da água no baixo curso do Rio Tarumã-Açu, próximo da Marina do Davi nos períodos de águas altas e baixa de 2021. Os resultados indicam que a expansão das atividades produtivas na bacia, como mineração, agropecuária, extrativismo e turismo, resultou em significativos impactos ambientais negativos, especialmente devido a erosão do solo. O avanço desorganizado de flutuantes, ocupação irregular das margens, despejo de dejetos no Igarapé do Gigante e falta de saneamento na bacia são desafios cruciais que comprometem a qualidade da água. A preservação e a reversão desses impactos tornam-se fundamentais, uma vez que os trechos médio e superior da bacia do Tarumã-Açu ainda não estão totalmente poluídas, exigindo medidas urgentes de proteção ambiental.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica Tarumã-Açu; Qualidade da água; Uso da terra; Impactos ambientais.

ABSTRACT

The Tarumã-Açu River Basin, located in the urban zone of Manaus, faces significant challenges related to water quality due to urbanization and pollution from human activities, where it discharges into the Marina do Davi, an important harbor in the region. This dissertation aims to analyze the land use and cover changes and the water quality in the lower course of the Tarumã-Açu River. Using data from MapBiomas, which provides annual mappings since 1984 with Landsat satellite images, maps were produced that highlight landscape changes over time. Multitemporal maps were created for the years 1985, 1990, 2000, 2010, and 2020. The spatial-temporal variation of pH, electrical conductivity, turbidity, and water transparency in the lower course of the Tarumã-Açu River, near the Marina do Davi, was analyzed during the high and low water periods of 2021. The results indicate that the expansion of human activities in the basin, such as mining, agriculture, extractivism, and tourism, has resulted in significant negative environmental impacts, especially due to soil erosion. The unorganized advance of floating structures, irregular occupation of the banks, waste disposal in the Gigante Stream, and lack of sanitation in the basin are crucial challenges that compromise water quality. Preserving and reversing these impacts become fundamental, as the middle and upper sections of the Tarumã-Açu River Basin are not yet fully polluted, requiring urgent environmental protection measures.

Key words: Tarumã-Açu Basin; Water quality; Land use; Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Porto Marina do Davi, bacia do Rio Tarumã-Açu e pontos amostrados.....	26
Figura 2 - Áreas de proteção municipal da Bacia do Tarumã-Açu.....	29
Figura 3 - Localização de pontos amostrais realizado em campo.	33
Figura 4 - Fluxograma metodológico das etapas da pesquisa.	36
Figura 5 - Localização do Bairro Tarumã e Tarumã-Açú.....	37
Figura 6 - Notícia de abril de 1991 sobre loteamento no bairro Tarumã.....	39
Figura 7 - Cachoeira Alta do Tarumã em 2020.	41
Figura 8 - Balneário do Tarumãzinho.....	42
Figura 9 - Vista da praia Dourada.	43
Figura 10 - A) Chácara Monte Rey; B) Flutuante Amazônico.....	44
Figura 11 - A) Resíduos sólidos próximo a margem; B) Estaleiros.....	45
Figura 12 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 1985.....	50
Figura 13 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 1990.....	50
Figura 15 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2010.....	52
Figura 14 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2000.....	52
Figura 16 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2020.....	54
Figura 17 - Marina do Davi na cheia.	
Figura 18 - Marina do Davi na vazante.	55
Figura 19 - Espacialização do pH em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.....	57
Figura 20 - Espacialização da Condutividade Elétrica em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.	59
Figura 21 - Espacialização da Turbidez em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.....	61
Figura 22 - Espacialização da Transparência Secchi em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.	63
Figura 23 - Espacialização da Total de Sólidos Dissolvidos em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces.	21
Quadro 2 - Condições de campo.	33
Quadro 3 - Classificação adotada no mapeamento de uso e cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu.....	35
Quadro 4 - Tipos de Flutuantes.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 1985 e 1990.....	49
Tabela 2 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 2000 e 2010.....	51
Tabela 3 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 2020.	53

Sumário

INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVOS	15
CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO	16
Bacia hidrográfica	16
Degradação ambiental e qualidade da água	19
Geoprocessamento e sensoriamento remoto de ambientes aquáticos	22
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
Localização e histórico.....	26
Meio físico	29
CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS	32
Dados Secundários.....	34
Análise dos dados.....	35
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
Contexto histórico da ocupação na bacia do Tarumã-Açu.....	37
Dinâmicas do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu (1985-2020) .	46
Distribuição espaço-temporal de parâmetros da físico-químicos da água na Marina do Davi	55
Potencial Hidrogeniônico (pH).....	56
Condutividade elétrica	58
Turbidez.....	60
Transparência Secchi	62
Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A — Tabulação de dados coletados em 10 de agosto de 2021.....	72
APÊNDICE B — Tabulação de dados coletados em 01 de novembro de 2021.....	73
ANEXO A — Dados Coletados na Marina Do Davi 14 de dezembro de 2018	74

ANEXO B — Dados coletados na Marina do Davi em julho de 2016.....	75
---	----

INTRODUÇÃO

Na interação entre o ser humano e o meio ambiente, com foco para o uso dos recursos hídricos, verifica-se falta de planejamento e conscientização da sua importância, o que acaba conduzindo a uma situação de insustentabilidade. Conforme Lopes e Mendonça (2010) observaram, o avanço acelerado das alterações no meio ambiente pela ação antrópica tem proporcionado, ao longo do tempo, a degradação exacerbada dos recursos hídricos nas cidades.

Sistemas de drenagem em áreas urbanas e rurais podem transportar diferentes quantidades de sedimentos, em função do tipo de uso e cobertura da terra. As águas pluviais carregam para os cursos d'água carga significativa de resíduos sólidos, muitas vezes devido a precária infraestrutura urbana, condições socioeconômicas e culturais (RIGHETTO, 2009, p.198).

Segundo Tucci (2008), a legislação de proteção de mananciais aprovada na maioria dos estados brasileiros visa proteger as bacias hidrográficas utilizadas para o abastecimento das cidades. Nessas áreas, é proibido qualquer uso do solo urbano que possa comprometer a qualidade da água destinada ao abastecimento. Entretanto, o crescimento urbano tem desencadeado um ciclo de contaminação devido aos efluentes provenientes da população urbana, que incluem esgoto doméstico e industrial, bem como esgoto pluvial.

Por causa do crescimento das cidades, essas áreas são ocupadas pela população de baixa renda e a consequência imediata é o aumento da poluição, que segundo Tucci (2008), os próprios proprietários incentivam a ocupação para que torne possível a venda da propriedade para o poder público, já que não possuem valor imobiliário em razão da legislação e a taxação de impostos.

A poluição dos recursos hídricos ocorre devido ao crescimento urbano, a contaminação doméstica e industriais em conjunto com outras ações antrópicas. Como é o caso da bacia do Tarumã-Açu, que segundo Oliveira *et al.* (2009) sofre forte pressão antrópica, incluindo as cabeceiras que drenam zonas urbanas com ocupações ilegais, supressão da vegetação nativa, construções nas margens de cursos d'água, lançamento de esgotos sem tratamento.

As bacias hidrográficas são elementos de extrema importância para o meio natural, visto que são responsáveis pela manutenção de ecossistemas, além do seu

uso no desenvolvimento das atividades ligadas a diferentes setores da economia, como a pecuária, a agricultura, pesca, abastecimento humano, lazer e transporte.

A Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997 estabeleceu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, conhecida como lei das águas. Na qual foi instituído o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, assim como as infrações e penalidades a quem interferir nesse bem. Os usos dos recursos hídricos sujeitos à outorga são: Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água; Extração de água de aquífero subterrâneo; Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não; Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (Lei nº 9.433 /97, 1997).

Dessa forma, pesquisas relacionadas a Bacia do rio Tarumã-açu e seus tributários, que drenam espaços urbanos e rurais do município de Manaus, são de grande importância, e os dados de sensoriamento remoto muitas vezes são a principal fonte de informações para análises de impactos e de gestão ambiental. Portanto, a elaboração de planos de manejo de bacias eficientes, políticas públicas relativas à gestão de recursos hídricos, devem contribuir para a conservação ambiental e recuperação das áreas em processo de degradação nesta bacia.

A Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu está situada na zona oeste da cidade de Manaus, a 20 km do centro histórico, localizada na capital do Estado do Amazonas, faz parte da rede hidrográfica amazônica e tem como corpo hídrico principal o Rio Tarumã-Açu. É o maior rio da zona urbana de Manaus, o qual apresenta problema à sustentabilidade da paisagem e da qualidade dos recursos hídricos.

A urbanização de Manaus resulta na deposição de poluentes e contaminantes na área de drenagem da bacia, que são transportados para os corpos d'água, comprometendo sua qualidade. Um exemplo é o Igarapé do Gigante, um dos principais tributários da margem esquerda do Rio Tarumã-Açu, que drena áreas com diversas áreas residenciais nos bairros Redenção e Ponta Negra e deságua na Marina do Davi, o principal porto de embarque e desembarque da região. Esses impactos afetam a qualidade da água, impondo restrições além de prejudicar a diversidade da vida aquática nos corpos d'água receptores (RIGHETTO, 2009).

A bacia do Tarumã-Açu sobrepõe-se com a Unidade de Conservação Tarumã-

Ponta Negra, uma Área de Proteção Ambiental criada pelo Decreto 9.556/2008 da Prefeitura de Manaus. O curso principal do rio Tarumã-Açu abriga mais de 900 flutuantes, o que indica uma ocupação desordenada, e por estar inserido na área urbana de Manaus, tem grande importância socioambiental.

Diante deste contexto, a pesquisa buscou responder o seguinte questionamento: Como o uso da terra pode impactar a qualidade d'água no Rio Tarumã-Açu e no igarapé do Gigante?

Neste cenário, o estudo integrado de bacias hidrográficas vem sendo utilizado para análises ambientais e o planejamento territorial, além de auxiliar futuras intervenções humanas que possam ocorrer na bacia. Assim, pretendemos analisar esta área de estudo em dois recortes espaciais:

- O primeiro, na escala da bacia do Rio Tarumã-Açu para entender a dinâmica de uso e cobertura da terra e seus impactos na paisagem.
- O segundo, focado no Igarapé do Gigante para analisar parâmetros físico-químicos da qualidade da água na Marina do Davi.

OBJETIVOS

Geral

Analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra e seus reflexos sobre a qualidade da água no baixo curso do Rio Tarumã-Açu.

Específicos

- Avaliar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia;
- Mapear a distribuição espaço-temporal de parâmetros físico-químicos da água na Marina do Davi, principal porto de embarque e desembarque da bacia.

CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO

Bacia hidrográfica

As águas continentais podem ser consideradas o principal elemento da composição da paisagem terrestre. Dentre as múltiplas funções da água, destaca-se seu papel como agente modelador do relevo terrestre, controlando a formação, transformação e o comportamento mecânico de solos e rochas (GUERRA; CUNHA, 2015).

Segundo Schiavetti e Camargo (2002) na concepção de um estudo hidrológico, o conceito de Bacia Hidrográfica envolve o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Pode ser considerada uma porção do espaço natural onde águas das chuvas escoam por canais de drenagem menores, com direção a um canal principal, no ponto de menor elevação da paisagem (DICIONÁRIO AMBIENTAL, 2015).

De acordo com Falcão (2020) a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, recebendo matéria e energia pelos agentes climáticos, transferindo parte da matéria e energia principalmente pelo escoamento superficial. A bacia hidrográfica como sistema aberto pode ser descrita em termos de variáveis com interrelações bem definidas. Ou seja, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Portanto, qualquer alteração no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da mudança e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (TEODORO *et al.* 2007).

De acordo com Teodoro *et al.* (2007) também existe os termos sub-bacia e microbacia hidrográfica, que estão incorporados na literatura técnico-científica, porém, não apresentam a mesma convergência conceitual apresentada para bacia hidrográfica.

Segundo Faustino (1996), sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km². Para Rocha (1997) a sub-bacia hidrográfica é a área que drena águas das chuvas por meio de rios e ravinas para um rio principal que pode desaguar no mar, em um lago ou em outro rio, que dependendo da localização geográfica possuem áreas entre 200

e 3000 km². Existe outra definição para sub-bacias, que são território drenado por um rio principal de uma Bacia Hidrográfica formado por um grupo de microbacias (GUATEMALA, 2009).

Alguns critérios são utilizados para diferenciar a sub-bacia de uma microbacia ou de uma Bacia Hidrográfica. O primeiro é quantitativo, no qual atribuem dimensões espaciais para sua identificação. Porém, percebe-se que são propostas a partir de exemplos empíricos específicos, por isso não abrange todas as sub-bacias que podem não se enquadrar aos parâmetros numéricos exigidos (GOMES *et al.*, 2021).

A divisão do território brasileiro em Sub-bacias Hidrográficas foi proposta pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), em fevereiro de 1972, com a finalidade de ampliar e melhorar a oferta de dados aos usuários, e implementar um sistema de informações capaz de processar os dados com eficiência e em tempo hábil, que utilizasse métodos lógicos e modernos. Cada uma das oito grandes bacias hidrográficas foi subdividida em dez sub-bacias (ANA, 2016). Portanto, de acordo com Teodoro *et al.* (2007) os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Dentro dessas subdivisões da bacia, aparece também na literatura o termo microbacia. Vários conceitos são aplicados para definir microbacias, esses critérios podem ser adotados como unidades de medida, hidrológicos e ecológicos (TEODORO *et al.*, 2007). Para Santana (2003, p.34), o termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, no qual sugere a sua substituição por sub-bacia hidrográfica.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), não há uma definição legal ou regulamentada do que é uma microbacia. Mas, entre alguns autores, a microbacia é uma área com corpos hídricos bem definidos, mas em escala menor se comparada às bacias hidrográficas ou mesmo às sub-bacias hidrográficas. A ANA entende que uma microbacia está circunscrita a uma área de até 10.000 ha, ou seja, 100 km².

Essas definições para Teodoro *et al.* (2007) contribui na distinção, definição e delimitação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, conceitos esses importantes para a elaboração de programas de monitoramento ambiental, através de medições de variáveis hidrológicas, limnológicas, da topografia, cartografia, e com o auxílio de sistemas de informações geográficas.

As águas superficiais constituem parte da riqueza dos recursos hídricos de um

país. No caso do Brasil que é um país com extensão continental, a rede fluvial é importante recurso natural, contando em seu território com a maior bacia fluvial do mundo em extensão e em volume de água, a bacia Amazônica (GUERRA; CUNHA, 2017).

Segundo Guerra e Cunha (2017), os fatores que afetam o regime hídrico e a produção de sedimentos nas bacias hidrográficas brasileiras resultam da interação entre as condições naturais e as atividades humanas. A erosão é influenciada pela topografia, geologia, solo e clima da bacia hidrográfica, enquanto as atividades humanas dizem respeito ao modo como a ocupação do território é realizada.

Bernadi *et al.* (2012) cita que “a quantidade de água dentro de uma bacia é diretamente proporcional às entradas de água e inversamente proporcional às saídas da mesma”, em decorrência principalmente da precipitação pluvial. Pela ação da evaporação, infiltração profunda e vazão da rede de drenagem resulta a saída de água da unidade hidrográfica. Caso a saída seja maior que a entrada, pode ocorrer a diminuição do volume de água. De outro modo, a tendência é que aumente o nível da água de rios e lagos. Conceito este definido como balanço hídrico, um sistema contábil de monitoramento de água do solo obtido a partir da aplicação do princípio de conservação de massa para água (CORTE, 2015). Trata-se de uma análise do ciclo hidrológico, cujos resultados mostram a quantidade de água que o sistema possui apresentando um ciclo fechado (MARTINHAGO *et al.*, 2021).

Tucci (1993) afirma que o estudo da bacia hidrográfica possibilita observar em detalhes a variação dos diferentes processos que ocorrem nela, e que, com base nas variáveis hidrológicas envolvidas, torna-se capaz de entender melhor os fenômenos e procurar representá-los matematicamente. Facilitando a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental.

A legislação se refere a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (LEI Nº 9.433/1997). O que significa que é um elemento essencial para o planejamento. Cabe ao Comitê de Bacia Hidrográfica, em sua área de atuação, aprovar o Plano de Recursos Hídricos e acompanhar sua execução, assim como, sugerir providências necessárias ao cumprimento de suas metas. Legalmente, a Política Nacional de Recursos Hídricos é descentralizada e participativa, levando em consideração que os Comitês são

compostos por representantes do governo, municípios, usuários da água e população civil.

As divisões das bacias hidrográficas não levam em consideração apenas aspectos físicos, mas também políticos. No qual existe uma preocupação em delimitar uma área hidrográfica sobrepondo às divisões políticas, visto que as redes hidrográficas sobrepõem limites entre Estados. Objetivo este para melhor gerenciamento das águas (BERNADI *et al.* 2012).

A bacia hidrográfica é uma unidade fundamental para gerenciamento de recursos hídricos. Segundo Bernadi *et al.* (2012), mesmo não havendo limite geográfico que seja considerado ideal para os agentes que atuam no processo de gestão, tais divisões foram feitas de maneira a conformar as necessidades de gestão dos recursos hídricos com a configuração física e características locais (PORTO; PORTO, 2008).

Este recorte espacial é adequado para o planejamento e gestão ambiental por possuir sistemas ecológicos e hidrológicos, considerando as mudanças nos padrões de uso da terra e suas consequências ecológicas, sociais e econômicas (DA SILVA *et al.* 2021). O que torna possível planejar ações de recuperação ambiental, a conservação, o uso da terra e manejo dos solos, sem agredir a natureza.

Degradação ambiental e qualidade da água

A Lei 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), definiu em seus fundamentos o uso múltiplo da água e a gestão descentralizada e participativa, tendo como unidade de planejamento territorial a bacia hidrográfica. A “Lei das Águas”, portanto, incorpora a integração dos interesses dos diversos usos e usuários que competem entre si pela sua apropriação (SOITO, 2019).

No Brasil, considerando os valores de vazão outorgada para fins consuntivos, os três usos principais correspondem a quase 90% do total do país. Esses usos principais são a irrigação (67,2%), o abastecimento animal (11,1%) e o consumo industrial (9,5%), segundo dados publicados em 2016 (SOITO, 2019).

O aumento do processo de urbanização, o uso de produtos químicos na agricultura e o processo industrial de forma geral tem dado origem a uma grande quantidade e diversidade de efluentes (esgotos domésticos, cloacais, industriais e

pluviais) que retornam, geralmente sem tratamento, para os corpos d'água receptores, constituindo o chamado ciclo de contaminação da água (MACHADO; TORRES, 2012, p. 34).

A água de um sistema fluvial é o resultado da drenagem de sua bacia de contribuição, sua qualidade (características físicas, químicas, biológicas e ecológicas) se relaciona diretamente com o uso e ocupação que se realizam no solo dessa bacia.

Machado e Torres (2012, p.149) afirmam que, “a utilização indevida dos recursos hídricos e a falta de planejamento e de gestão adequada dos usos e ocupação do solo tem gerado graves problemas econômicos e ambientais, especialmente nas áreas dos mananciais destinados ao abastecimento público”.

A qualidade das águas de um rio ou reservatório está sob a constante ameaça da ação de certas substâncias poluentes. Estas podem originar-se de fontes pontuais ou localizadas, como os esgotos domésticos e os efluentes industriais, ou de fontes dispersas, não localizadas, como as águas de escoamento superficial, as águas de infiltração (MACHADO; TORRES, 2012).

A água é usada para diversos fins, como consumo humano, lazer, irrigação, entre outros usos. Logo, a qualidade é representada por características particulares, geralmente misturáveis, de natureza física, química e/ou biológica.

Tais características, se mantidas dentro de valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente, viabilizam determinados usos da água. São os chamados parâmetros de qualidade da água, ou seja, “substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água” (resolução CONAMA nº 357/2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 regulamenta a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para seu enquadramento, além de definir condições e padrões para o lançamento de efluentes. De acordo com a ANA (2013), foram estabelecidas classes de qualidade da água baseadas em seu uso e respectivas exigências. As águas doces foram divididas em cinco categorias, em ordem decrescente de qualidade: classe especial (melhor qualidade) e classes 1 a 4, sendo a classe 4 a de pior qualidade (Quadro 1).

Quadro 1 - Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces.

USOS DAS ÁGUAS DOCES	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Classe mandatória em Unidade de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Terra Indígenas			
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento humano	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Irrigação		Hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais					
Navegação					
Harmonia paisagista					

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005. Adaptado de ANA (2013).

A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos consistem em: I) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II) utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III) prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; IV) incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

No Art. 26 estão os princípios básicos para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, destacados a seguir: I) descentralização da obtenção e produção de dados e informações; II) coordenação unificada do sistema; III) acesso aos dados e informações garantidos à toda a sociedade. No Art. 5º são apresentados os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: I) os Planos de Recursos Hídricos; II) enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III) outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V) compensação a municípios; VI)

Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O Decreto nº 29.249, de 19 de outubro de 2009, criou o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, o primeiro na Região Hidrográfica Amazônica. Este comitê foi estabelecido para conter os impactos ambientais e assegurar a sustentabilidade local, adotando um modelo de gestão participativa. Isso permite discussões entre o poder público, a sociedade civil e os usuários da bacia hidrográfica, onde são apresentados problemas, planejadas ações e promovido o gerenciamento dos recursos hídricos, garantindo a cidadania e a consideração das opiniões dos participantes (MELO; ROMANEL, 2018).

Geoprocessamento e sensoriamento remoto de ambientes aquáticos

Câmara *et al.* (2001) definem Geoprocessamento como “a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.

Para Zaidan (2017), geoprocessamento é um conjunto de técnicas e métodos que envolvem a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados para gerar novas informações espaciais ou georreferenciadas. Essas informações são caracterizadas pela atribuição de localização, estando vinculadas a posições específicas no globo terrestre por meio de suas coordenadas.

Quando apoiados em sistemas geográficos de informação, cenários ambientais ganham grande complexidade e uma enorme aplicabilidade. Análises de redes de drenagem, uso de modelos tridimensionais para visualização do terreno e estimativas de impactos ambientais são alguns exemplos do uso integrado de conhecimentos geomorfológicos em Sistemas Geográficos de Informação (SGIs) (GUERRA; CUNHA, 2015).

De acordo com Novo (2010), o termo sensoriamento remoto apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960 e significava simplesmente aquisição de informações sem contato físico com os objetos. Desde então, esse termo tem abrigado tecnologia e conhecimento extremamente complexos derivados de diferentes campos que vão desde a física até a botânica, da engenharia eletrônica até a cartografia.

O sensoriamento remoto representou a convergência de conhecimentos derivados principalmente dos avanços na aerofotogrametria e fotointerpretação, bem como do progresso da pesquisa espacial e dos avanços tecnológicos induzidos que resultaram em novos sensores baseados em fotodetectores e na possibilidade de obter informações sobre a superfície terrestre através de imagens de satélites, não somente de aeronaves.

Imagens obtidas através de satélites representam formas de captura indireta de informação espacial. São armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem é denominado “pixel” e tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente. Fazendo-se necessárias técnicas de interpretação de imagens de satélite e de fotografias aéreas.

Em decorrência da enorme capacidade que a água pura possui de absorver quase a totalidade da radiação de uma ampla faixa do espectro eletromagnético, e, conseqüentemente, de acusar matérias nela presentes que aumente sua reflectância, existe uma ampla variedade de sensores remotos que produzem imagens capazes de discriminar com boa precisão corpos hídricos, sua qualidade, e variações sazonais; ou seja, o sensoriamento remoto é uma das mais poderosas ferramentas para estudo, mapeamento e gestão de recursos hídricos (ANA, 2016).

As aplicações do Sensoriamento Remoto no estudo de sistemas aquáticos utilizam sensores passivos e a radiação solar da região espectral do visível e do infravermelho próximo, denominado de sensores ópticos, pois são capazes de detectar objetos na superfície da Terra com alta resolução espacial.

De forma geral, quando a radiação solar atinge a superfície da água pode ocorrer as diversas interações deste tipo de energia com o material presente na coluna d'água, como a absorção e espalhamento. Uma fração da luz que é refletida da superfície, através do espalhamento, possui informações importantes que possibilita caracterizar algumas propriedades dos sistemas aquáticos (BARBOSA, *et al.* 2019).

De acordo com Barbosa *et al.* (2019), estudos recentes têm empregado imagens de satélite para entender os padrões espaço-temporais da distribuição de sedimentos em suspensão em rios e lagos da Amazônia. Utilizando imagens MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) pesquisadores empregaram séries temporais das bandas do vermelho e infravermelho deste sensor, com

resolução espacial de 250 metros, para estimar a concentração de sedimentos suspensos na água.

O Landsat-1, originalmente chamado de ERTS-1, foi o primeiro satélite desenvolvido para pesquisas de recursos naturais. Lançado em 1972, marcou o início da série de satélites Landsat, resultado de um projeto da Agência Espacial Americana voltado exclusivamente para a observação dos recursos naturais terrestres. Inicialmente conhecida como Earth Resources Technology Satellite (ERTS), a missão foi renomeada para Landsat em 1975 (EMBRAPA, 2018).

A maioria da missão foi gerenciada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pelo U.S. Geological Survey (USGS), resultando no lançamento de nove satélites. Nos dois primeiros satélites (Landsat-1 e Landsat-2), o sensor RBV operou no modo multiespectral, com três canais/câmeras nas regiões do visível e infravermelho próximo, oferecendo uma resolução espacial de 80 metros, resolução temporal de 18 dias e respostas radiométrica de 6 bits.

O Landsat-6, projetado com o sensor ETM (Enhanced Thematic Mapper), introduziu a banda pancromática com 15 metros de resolução espacial, conforme descrito pela EMBRAPA (2018). Em 1999, o Landsat-7 foi lançado, melhorando a acurácia do sistema e mantendo os intervalos espectrais. Ampliou a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, permitindo a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução, resolução temporal de 16 dias e resposta radiométrica de 8 bits.

A série continuou com o lançamento do LDCM (Landsat Data Continuity Mission) em 2013, também conhecido como Landsat-8. Equipado com os instrumentos OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), o Landsat-8 oferece resolução espacial de 30 metros, resolução temporal de 16 dias e resposta radiométrica de 12 bits.

A constelação de satélites PlanetScope, da empresa Planet, é composta por aproximadamente 130 satélites ativos, capazes de capturar imagens de quase toda a superfície terrestre diariamente, com uma capacidade de coleta diária de 300 milhões de km². Seu objetivo é monitorar mudanças e identificar tendências globais. As imagens do PlanetScope têm uma resolução espacial de cerca de 3 metros, e o primeiro lançamento ocorreu em 2016 (PLANET, 2022). O sensor possui quatro

bandas espectrais no visível e infravermelho, com resolução radiométrica de 12 bits, e resolução espacial variando de 3 a 3,9 metros, dependendo do satélite e de sua órbita.

De acordo com Costa *et al.* (2017), para que um sistema de classificação possa usar imagens de sensores multiespectrais orbitais de forma efetiva, é preciso satisfazer alguns critérios básicos:

(i) o sistema de classificação deve ser aplicável para grandes áreas, isto é, numa escala regional; (ii) resolução temporal das imagens, o sistema de classificação não pode ser dependente de dados obtidos em diferentes épocas do ano; (iii) a denominação das classes deve respeitar a escala de trabalho; (iv) o sistema deve permitir agregação de categorias; (v) o nível de facilidade ou dificuldade de interpretação para todas as categorias de classes deve ser semelhante; (vi) o nível de confiabilidade de identificação e interpretação das classes de uso e cobertura da terra deve ser de 75% no mínimo; e (vii) o processo de interpretação deve seguir regras claras e bem definidas para permitir fluência na comunicação entre intérpretes e usuários. (COSTA *et al.* 2017).

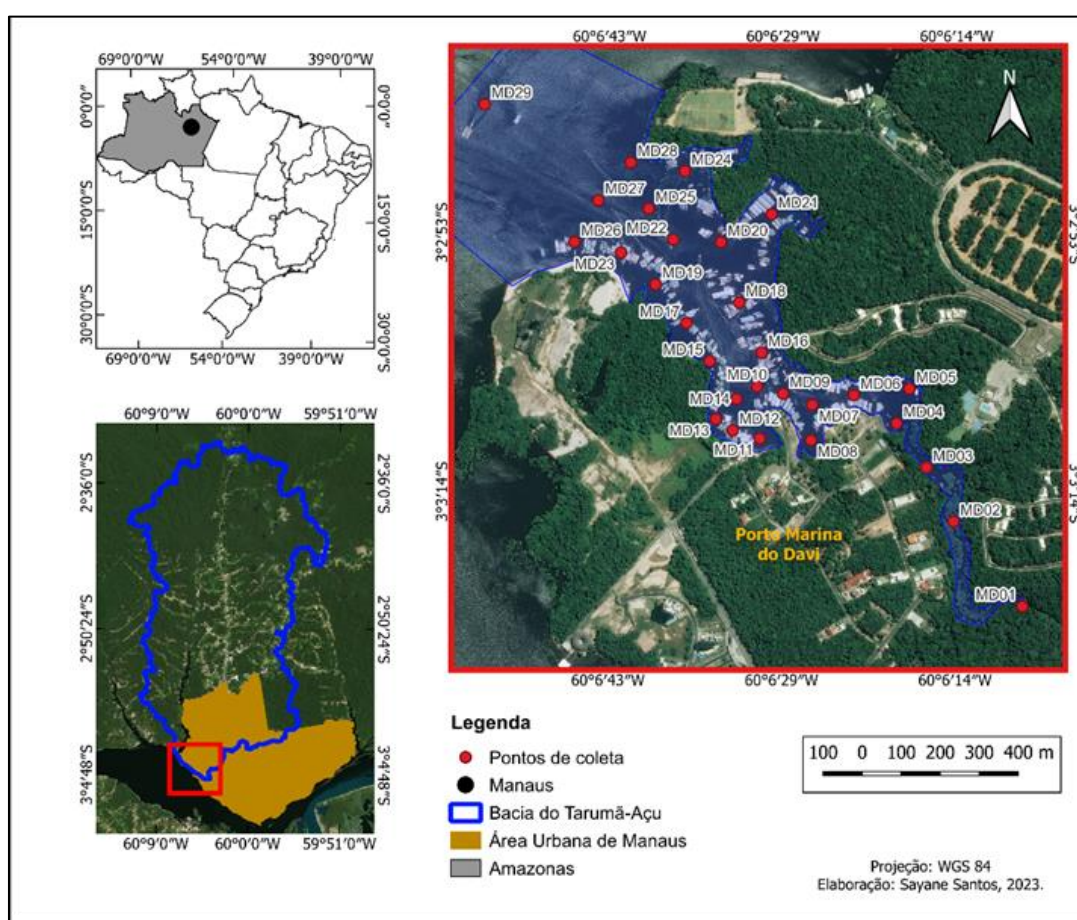
Portanto, as imagens de satélite facilitam a coleta de dados precisos, confiáveis e pontuais, oferecendo grandes vantagens na detecção de mudanças no uso da terra, qualidade da água, agricultura, pecuária, pesquisa social e muitos outros campos aplicados.

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localização e histórico

A área de estudo foi definida em função das pesquisas anteriores realizadas em 2016 e 2018. Considerou-se como área de influência o igarapé do Gigante nas proximidades do Porto Marina do Davi localizado na Zona Oeste da cidade de Manaus no bairro da Ponta Negra (Figura 1).

Figura 1 - Localização do Porto Marina do Davi, bacia do Rio Tarumã-Açu e pontos amostrados.



Org.: A autora (2024).

A Marina do Davi é responsável pelo transporte de passageiros via lancha e “voadeiras” para flutuantes, praias do Rio Negro e comunidades ribeirinhas. Seu acesso é dado pela Avenida Coronel Teixeira, principal avenida do bairro da Ponta Negra. Composta por um pequeno terminal de passageiros e um estacionamento. Possui atividade comercial que surgiu ao redor da área, com bares e minimercados. O terminal e as lanchas disputam o espaço das águas com outras embarcações maiores, como lanchas de luxo e iates, atracados em estaleiros particulares no

decorrer das margens do rio.

A Marina do Davi situa-se em uma APA (Área de Proteção Ambiental) de acordo com o Decreto 16.498 de 02 de abril de 1995. APA “é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (Artigo 15 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000).

Neste sentido, de acordo com Coutinho (2012, p.22), “as APAs são áreas que visam proteger o ecossistema local sem a necessidade de desapropriação do local (por moradores da área), e que buscam traduzir práticas para o uso sustentável dos recursos existentes, procurando mediar entre harmonizar a conservação e a recuperação ambiental e as necessidades humanas dos habitantes, ou indivíduos que façam usufruto daquela região”.

No que diz respeito ao histórico da organização local da Marina do Davi, a pesquisa de Coutinho (2012) indicou que existiam duas cooperativas de transporte aquaviário fluvial:

A COOP-ACAMDAF e a cooperativa da Marina do David, a COOPMARD. No entanto, estas duas cooperativas, dividindo o mesmo local de trabalho, tornaram-se “concorrentes” e para que não houvesse maiores conflitos a Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) solicitou para que estas se unissem. Sendo assim, como a COOP-ACAMDAF estava mais organizada e possuía mais cooperados, a COOPMARD passou a não existir mais e seus membros foram incluídos na outra cooperativa (p. 36).

A Cooperativa dos Profissionais de Transporte Fluvial da Marina do Davi - ACAMDAF presta serviços para as comunidades do Tarumã Mirim, flutuantes de lazer no Tarumã Açu, Rio Negro, fretes, turismo entre outros há mais de 24 anos.

Os bairros drenados pela bacia do Tarumã-Açu são: Zona Norte – Colônia Terra Nova, Colônia Santo Antônio, Nova Cidade, Lago Azul, Monte das Oliveiras, Novo Israel, Cidade Nova, Cidade de Deus e Santa Etelvina; Zona Oeste – Ponta Negra, Lírio do Vale, da Paz, Planalto, Santo Agostinho, Nova Esperança, Tarumã, Tarumã-Açu e Redenção. Zona Leste – Jorge Teixeira; Zona Centro-Oeste – Alvorada.

Conforme Lemos, (2016) a Bacia do Tarumã-Açu possui diversas áreas de proteção municipal geridas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS), estas são (Figura 2):

Área de Proteção Ambiental do Tarumã/Ponta Negra: margeia todo o igarapé Tarumã-Açu, zona Oeste de Manaus, com 22.698,8 ha; localizada na área urbana, de transição e rural, a partir do Decreto N° 9.556 de 22 de abril de 2008;

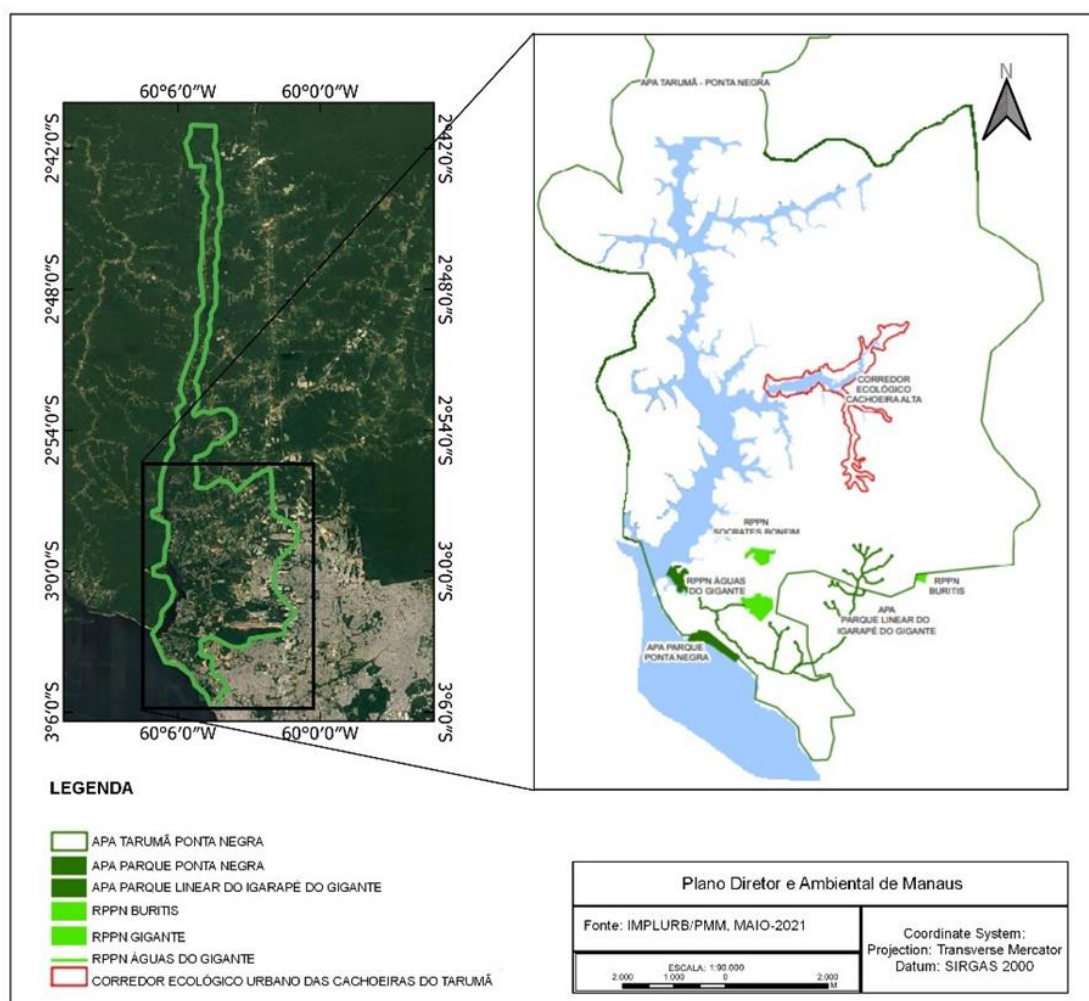
Área de Proteção Ambiental Parque Linear do igarapé do Gigante: margeia todo o igarapé do Gigante, zona Oeste de Manaus, com 155,1ha; localizada na área urbana, a partir do Decreto N° 1.500 de 27 de março de 2012;

Área de Proteção Ambiental Parque Ponta Negra: área de lazer da Ponta Negra, zona oeste de Manaus, com 39,8ha; localizada na área urbana, a partir do Decreto N° 1.501 de 27 de março de 2012;

Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã: Engloba parte do igarapé Tarumã Cachoeira Alta e Cachoeira Baixa, zona oeste de Manaus, com 289,3 ha; localizada na área urbana, a partir do Decreto N° 022 de 04 de fevereiro de 2009 (p. 116).

E existem duas RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) situadas na margem esquerda do Rio Tarumã-Açu: a Reserva Águas do Gigante: Condomínio Alpha Ville – Estrada do Turismo, com 35,1 ha na área urbana criada pelo Decreto 9.645 de 27 de junho de 2008; e a Reserva Sócrates Bonfim no Condomínio Praia dos Passarinhos – Estrada do Turismo, com 230ha na área urbana e criada pelo Decreto 0152 de 08 de junho de 2009. Através do Decreto N° 29.249 de 19 de outubro de 2009 foi criado o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (CBHTA), primeiro instituído oficialmente na Região Norte (LEMONS, p. 116-117).

Figura 2 - Áreas de proteção municipal da Bacia do Tarumã-Açu.



Org.: A autora (2024).

Meio físico

Conforme Barbosa (2004 apud BÜHRING, 2010, p.6), os corpos d'água encontrados no Tarumã consistem em rios de águas pretas, caracterizadas por sua acidez (com pH variando de 3,5 a 4,5) e baixa mineralização. A temperatura varia entre 24 e 27 °C, aumentando para 30 °C em períodos de estagnação durante as cheias. A velocidade máxima da corrente atinge aproximadamente 25 metros por minuto. O nível das águas pode flutuar entre 6 e 10 metros durante a época das cheias, alcançando o seu pico máximo no mês de junho.

Segundo Da Silva *et al.* (2013), a área de drenagem da bacia do Tarumã-Açu é de 1353,27 km², classificada como de tamanho grande, pois apresentam áreas superiores a 1000 km², possui perímetro de 229,12 km, comprimento do canal principal de 42,10 km, comprimento vetorial do canal principal de 37,61 km e

comprimento total dos canais da bacia de 1065,38 km.

A densidade do rio para a bacia do Tarumã-Açu é 0,79 km/km². Considerando a variação deste índice de 0,5 km/km² para as bacias com drenagem pobre e 3,5 km/km² para bacias excepcionalmente bem drenadas. São, portanto, bacias pouco dissecadas e, baseado apenas nos valores de densidade de drenagem, tendem a apresentar uma resposta hidrológica lenta, pois o caminho que a água da chuva terá que percorrer pelas vertentes é maior.

Com relação à densidade hidrográfica e de drenagem, a Bacia do Tarumã-Açu possui drenagem pobre, o que foi caracterizado por Costa *et al.* (2013) com pouca ou nenhuma sinuosidade, favorecendo um maior carreamento de sedimentos (COSTA, ~~200~~ p.16).

Segundo Siqueira e Filizola, (2021), devido ao efeito do barramento hidráulico do Rio Negro, a velocidade do rio Tarumã-açu é baixa, com redução no sentido montante-jusante. Neste rio, o comportamento da vazão é controlado por outras variáveis, como a resistência ao fluxo e a declividade do leito, com maiores temperaturas da água no sentido a jusante.

As vazões do rio Tarumã-Açu são baixas e tendem a diminuir de montante para jusante, acompanhando uma tendência de redução da velocidade média e aumento da área do canal. A largura pouco varia conforme o nível da água aumenta, logo a profundidade desempenha papel expressivo no aumento da área das seções (SIQUEIRA; FILIZOLA, 2021).

De acordo com a pesquisa realizada por esses autores, “o trecho do rio Tarumã-Açu, entra em fase com o rio Negro quando este ultrapassa a marca de 19 m” o que ocorre em cinco meses do ano, de acordo com as normais fluviométricas. O rio Solimões possui impacto indireto no comportamento no rio Tarumã-Açu em razão do rio Negro está sob o efeito de barramento hidráulico com o rio Solimões, estando livre dessa influência nos meses de outubro e novembro, exceto no trecho de 4 km aproximadamente a montante da foz, que só fica livre em eventos extremos de seca do rio Negro.

Em termos geomorfológicos, Manaus está localizada no domínio dos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, que são caracterizados por:

Terrenos baixos (cotas inferiores a 200 m), com solos espessos, pobres e bem drenados (AMAZONAS, 2020). O solo dos platôs é classificado

como Latossolo Amarelo; nas encostas como Podzólico Vermelho-Amarelo; e nos baixos como Arenosol Hidromórfico. Quanto à textura, é argilosa nos platôs, nas encostas varia de argilo-arenosa (próximo aos platôs) a areno-argilosa (próximo aos baixios) e nos baixios é arenosa, sendo solos muito ácidos (PROAMBIENTE, 2002). De acordo com dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o material de origem dos solos presentes na Bacia do Tarumã-Açu deriva das Formações Alter do Chão e Belterra (RIKER *et al.*, 2016 apud COSTA, 2020, p.16).

O clima da região de Manaus, de acordo com a classificação proposta por Köppen, pertence ao grupo A, de clima tropical, sendo dividido em quatro categorias: clima tropical úmido ou superúmido (Af); clima tropical úmido ou subúmido (Am); clima tropical, com inverno seco (Aw); e clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão (As).

O clima superúmido, segundo o Índice de De Martonne, com três meses de seca suave a moderada (julho, agosto e setembro) e seis meses (dezembro a maio) de maior umidade e pluviosidade; e junho e outubro como meses de transição entre os períodos; e a temperatura média anual de 27°C são características das florestas tropicais (COSTA, 2021, p. 3).

CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS

Dados primários

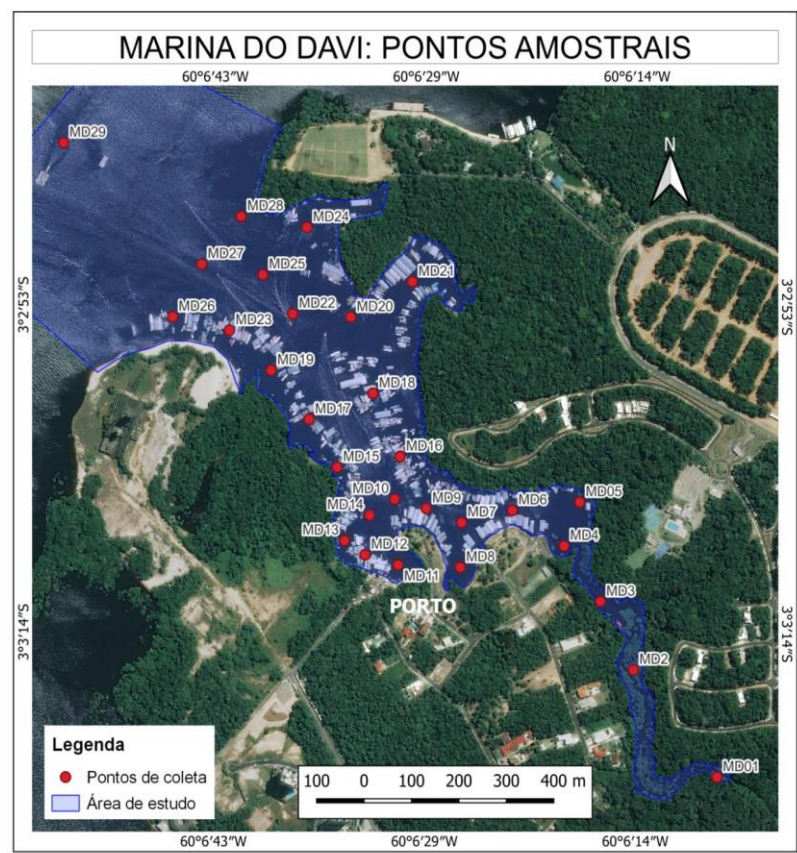
Para alcançar os objetivos da pesquisa partiu-se da análise de dados de campo sobre a qualidade da água no rio Tarumã-Açu em conjunto com imagens de satélites e mapas temáticos da dinâmica do uso do solo em diferentes recortes temporais.

Os procedimentos adotados compreenderam levantamentos de dados, análises, sistematização e discussão dos resultados. Fez-se necessário saber do conhecimento já existente através da revisão bibliográfica dos temas da pesquisa. Para este levantamento foram utilizadas referências disponíveis em livros, teses, dissertações e artigos.

Para a análise da qualidade da água no baixo curso do Rio Tarumã-Açu foram realizados trabalhos de campo para coletar dados dos seguintes parâmetros físico-químicos da água em superfície: pH, condutividade elétrica, turbidez, TDS e transparência. Esses parâmetros foram utilizados como indicadores da qualidade da água, indicando as condições e padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 para determinada classe de uso da água. Nesta etapa de coleta de dados, foram seguidos os protocolos do guia nacional de coleta e preservação de amostras em água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes (BRANDÃO et al., 2011).

Foram estabelecidos 29 pontos de coleta no Igarapé do Gigante (Figura 3) e próximo à foz Rio Tarumã-Açu, selecionados com base em pesquisas realizadas anteriormente. A obtenção dos dados ocorreu em períodos de águas altas e baixas (Quadro 2).

Figura 3 - Localização de pontos amostrais realizado em campo.



Org.: A autora (2024).

As coletadas de dados em campo foram realizadas nos dias 29 de agosto de 2021 (cheia) e 01 denovembro de 2021 (seca). Este conjunto de dados foi analisado em conjunto com coletas de pesquisas anteriores, realizadas em julho de 2016 (MAIA, 2016) e dezembro de 2018 (SANTOS, S. N., 2018).

Quadro 2 - Condições de campo.

Campos	Hora	Tempo
06/2016	Início: 9h15min Fim: 12h45min	Sol entre nuvens
14/12/2018	Início: 8h48min Fim: 12h29min	Nublado com chuveisco
10/08/2021	Início: 9h14min Fim: 12h24min	Sol parcialmente nublado
01/11/2021	Início: 9h30min Fim: 12h16min	Ensolarado

Org.: A autora (2024).

Os equipamentos utilizados para coleta dos dados em campo foram:

GPS da marca Garmin e modelo Etrex para navegação e localização dos pontos da coleta dos dados com auxílio de uma embarcação para a locomoção entre os pontos amostrais;

Sonda multiparâmetro da marca HANNA instruments e modelo HI991300 para coleta de dados de condutividade elétrica, pH, TDS e temperatura da água. A medição foi executada através da sonda mergulhada na superfície d'água com a leitura instantânea dos valores no visor digital. Em cada ponto amostral foram realizadas três medições e gerado a média de cada ponto;

Turbidímetro da marca HANNA instruments e modelo HI98703-02 para identificar a turbidez da água, o qual realiza a análise da quantidade de partículas no líquido. Durante o campo foram realizadas coletas da água em uma garrafa de 300 ml para posterior leitura no turbidímetro medida no equipamento e repetindo o procedimento três vezes para cada amostra;

Disco de Secchi quadriculado branco e preto para avaliar a transparência de corpos de água. A medição foi feita no lado iluminado da embarcação, colocado verticalmente na água, aos poucos, até desaparecer, para que a medida da profundidade fosse ser estimada em relação à luz que penetra na água, esse processo foi realizado três vezes em cada seção amostral.

Dados Secundários

Para análise das mudanças no uso e cobertura da terra foram utilizados os dados do Projeto Mapbiomas que possui mapeamento anual das mudanças ocorridas desde 1984. Este projeto utiliza imagens da série de satélites Landsat, com resolução de 30 metros, e os dados estão disponíveis na plataforma Google Earth Engine (MAPBIOMAS).

Para compreender as mudanças na cobertura e uso do solo, foram produzidos mapas com as transições das classes entre diferentes intervalos dos anos selecionados. Isso permitiu visualizar o dinamismo do recorte espacial analisado e

responder a perguntas como: quanto de floresta se converteu em pastagem de um ano para outro, por exemplo, e outras alterações na paisagem.

Para a elaboração dos mapas de análise dinâmica-espço temporal do uso e cobertura da terra na bacia, foram utilizados os dados do Projeto Mapbiomas para os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020 da coleção 6 lançada em agosto de 2021, cobrindo o período de 1985 a 2020, com resolução de 30 metros.

Os mapas de uso e cobertura da terra são apresentados em 05 classes temáticas (floresta, formação natural não florestal, agropecuário, área não vegetada, e corpos d'água – Quadro 3). Foi realizado o download do dado para o recorte espacial de interesse para a vetorização usando o QGIS.3.22. Acessado diretamente no QGIS por meio do plugin Mapbiomas Collection disponível para instalação em complementos.

Quadro 3 - Classificação adotada no mapeamento de uso e cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu.

Nomenclatura	Definição
Floresta	Formação Florestal; Formação Savânica; Mangue; Restinga Arborizada.
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa; Formação Campestre; Apicum; Afloramento Rochoso; Outras Formações não Florestais.
Agropecuária	Pastagem; Agricultura; Silvicultura.
Área não vegetada	Praia, Duna e Areal; Área Urbanizada; Mineração; Outras Áreas não Vegetadas.
Corpo D'água	Rio, Lago e Oceano; Aquicultura.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas, (2022).

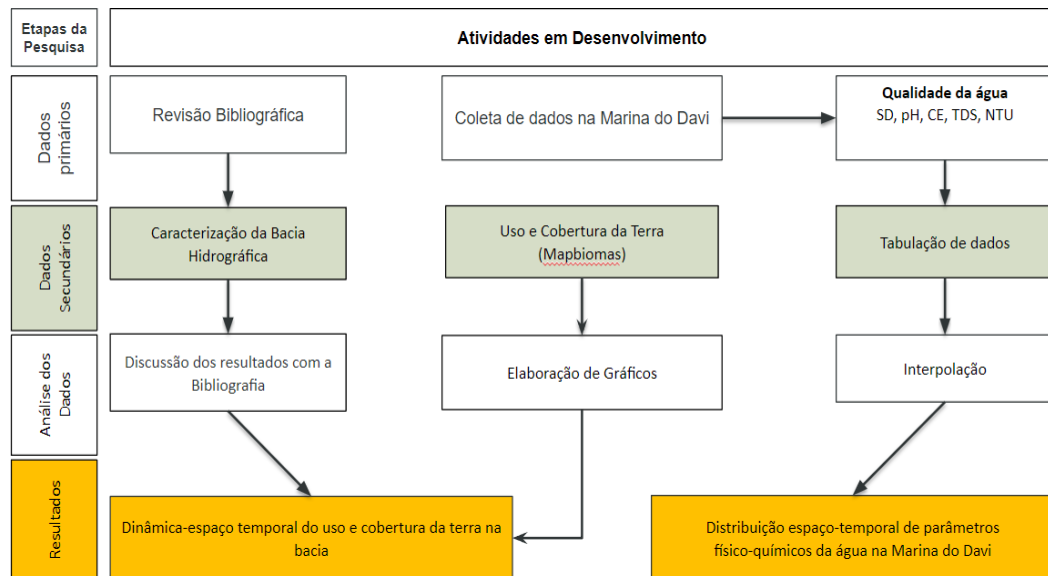
Análise dos dados

Conforme destacado anteriormente, a bacia foi analisada em duas escalas. Em uma escala maior, a dinâmica de uso e cobertura da terra foi estudada utilizando dados do Projeto MapBiomias, para entender as alterações e estimar os impactos das mudanças na bacia. Em uma escala menor, a análise focou na qualidade da água do Igarapé do Gigante, com coletas realizadas em 29 pontos na Marina do Davi para medir parâmetros físicos e químicos da água, resultando na produção de mapas de qualidade da água.

Esta pesquisa buscou analisar como os tipos de uso e cobertura da terra podem impactar a qualidade da água da bacia do Rio Tarumã-Açu, através dos dados físico-

químicos da água interpolados com técnicas de geoprocessamento. A Figura 4 apresenta o fluxograma das etapas desta pesquisa.

Figura 4 - Fluxograma metodológico das etapas da pesquisa.



Org.: A autora (2024).

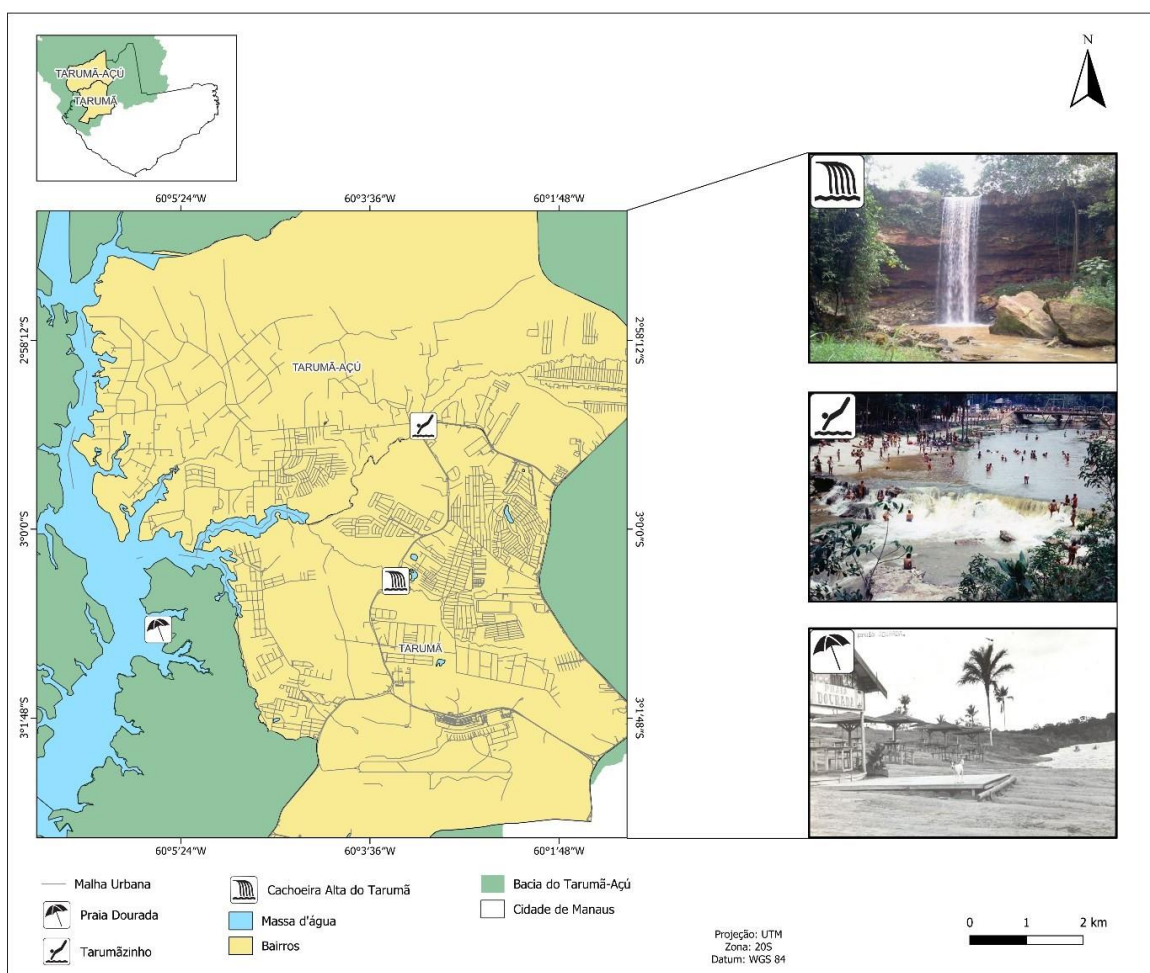
A interpolação dados de parâmetros da qualidade da água foi realizada utilizando o QGIS com o objetivo de gerar mapas que representem a variabilidade espacial dos dados de pH, CE, TDS, turbidez e profundidade do disco Secchi. No QGIS foi usando interpolação com a ferramenta v.surf.rst. Este método utiliza uma superfície de splines regularizada para gerar um mapa contínuo a partir de dados vetoriais de pontos com coordenadas georreferenciadas e valores associados a cada ponto de pH, CE, TDS, turbidez e profundidade do disco Secchi. O arquivo raster interpolado foi representado utilizando o método de representações quantitativas de mapas temáticos com a variação de cores.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contexto histórico da ocupação na bacia do Tarumã-Açú

A história de Manaus inicia na região do Tarumã (Figura 5) de acordo com SEINFRA (2013), onde, por volta de 1657, índios aruaques e halófilos habitavam a região. Neste ano, uma tropa de resgate estabeleceu a Missão do Tarumã, fincando uma cruz jesuítica e batizando a comunidade. Uma segunda tropa de resgate posteriormente denominou o local como arraial do Tarumã. Essa expedição marcou o início da colonização e da extração das Drogas do Sertão, estabelecendo também o primeiro núcleo cristão no vale do Rio Negro.

Figura 5 - Localização do Bairro Tarumã e Tarumã-Açú.



Org.: A autora (2024).

De acordo com SEINFRA (2013) esta região fornecia materiais como pedras, areia, carvão e barro para suportar o rápido crescimento urbano da cidade. No entanto, a exploração desses recursos ao longo do tempo resultou na destruição gradual das belezas naturais locais.

Durante as últimas duas décadas, à medida que o bairro foi sendo gradualmente ocupado, ganhou destaque a presença de balneários que atraíam tanto os residentes quanto famílias de outras partes da cidade, que aproveitavam os finais de semana para recreação nas cachoeiras da região.

O bairro Tarumã-Açu, oriundo da divisão do bairro Tarumã. (Lei nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010) é de maior extensão territorial de Manaus com um crescimento que triplicou nos últimos dez anos. Caracterizado por uma mistura de áreas urbanas e rurais, o bairro

Tarumã é conhecido por abrigar várias opções de lazer e entretenimento, como clubes, pousadas e restaurantes à beira do rio, que oferecem aos visitantes e moradores a oportunidade de desfrutar de atividades aquáticas, como passeios de barco e pesca. A região também tem uma infraestrutura em constante desenvolvimento, com estabelecimentos comerciais, escolas e serviços básicos para atender às necessidades da comunidade local.

Isso se reflete no rápido crescimento da atividade imobiliária, o que resulta na degradação ambiental devido à expansão de vários condomínios residenciais e sub-bairros, como Parque do Lago, Vitória, Vivenda do Pontal, Condomínio Mediterrâneo, Parque Riachuelo, Residencial Solimões, Vivenda Verde, reconhecido por seu balneário, Parque Náutico Bancrevea e Jardim Tarumãzinho, entre outros.

De acordo com Bartoli (2011), em junho de 1990 o Instituto de Desenvolvimento dos Recursos Naturais e Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IMA) deu início ao processo de divisão da gleba Tarumãzinho em 110 lotes. Entretanto, essas transações foram alvos de disputas judiciais, já que surgiram questionamentos sobre a legalidade da aquisição dessas terras. Essas disputas apontam para possíveis questões irregulares ou ilegais relacionadas à aquisição e divisão dessas terras.

Em 1991, o IMA vende os lotes sem processo licitatório indicando a área como rural, quando já se tratava de área urbana. O Ministério Público Estadual, em Inquérito Civil, concluiu pela irregularidade da alienação da gleba e determinou a apuração de denúncia do Sr. Sérgio Pessoa Figueiredo, ex-presidente do IMA/AM, de que o grupo T. Loureiro cometeu irregularidades para registrar a área da gleba em seu nome (Bartoli, 2011, p.59-60).

Podemos observar nessa notícia publicada pelo jornal A Crítica em 1991

(Figura 6), a posse de terras por meio de irregularidades e a função do Estado, como agente permissivo, para fins particulares.

Figura 6 - Notícia de abril de 1991 sobre loteamento no bairro Tarumã.



Fonte: Bartoli (2011).

O processo, arquivado em 2000, resultou em denúncias de omissão por parte do Estado e pela implantação do condomínio Alphaville Manaus, o qual estaria sendo edificado em terras pertencentes em parte ao Estado do Amazonas.

Outra região de destaque no Tarumã é a Cachoeira Alta, um destino de lazer intimamente ligado à cultura de banhos de igarapé dos habitantes de Manaus, um costume profundamente enraizado na herança deixada por seus antepassados indígenas. Conforme observado por Andrade (1985), os indígenas tinham o hábito de se banhar nos rios repetidas vezes ao longo do dia, influenciando diretamente os costumes da população local. Esse legado histórico ganha ainda mais relevância devido à localização geográfica da cidade, situada ao redor da floresta e às margens de um dos maiores rios do mundo, o que resulta na presença de inúmeros igarapés em seu entorno. A combinação desses elementos naturais e culturais torna a Cachoeira Alta um local privilegiado para o lazer e o contato com a natureza, atraindo tanto os habitantes locais quanto os visitantes de outras regiões.

O balneário, conhecido desde o final do século XIX, segundo Tavares (2022) ainda se caracterizava como importante destino turístico de Manaus durante as décadas de 1960 a 1980, especificamente a Cachoeira Baixa e Cachoeira Alta do Tarumã. Ambas as cachoeiras ofereciam um ambiente de alta qualidade, ideais para

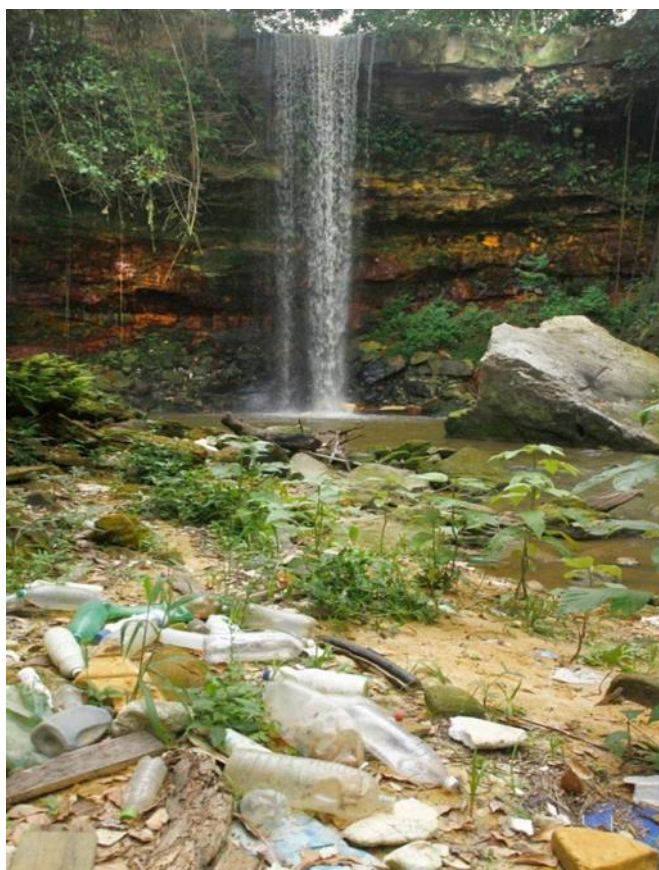
momentos de lazer e diversão. No entanto, ao longo do tempo, essa realidade começou a mudar gradualmente com o início da exploração dos recursos naturais da região. O que impulsionou a construção e o desenvolvimento de outras áreas da cidade.

A implantação da Zona Franca de Manaus acentuou o desordenamento socioambiental na região, com um aumento significativo na população de áreas como Tarumã, que passou de rural para urbana. Esse crescimento descontrolado resultou em ocupação irregular e falta de infraestrutura básica, como saneamento e segurança (NOUGUEIRA, *et al.*, 2007). Além disso, a contaminação do Rio Tarumã-Açu por resíduos urbanos e industriais contribuiu para a degradação ambiental, afetando a cachoeira local.

A deterioração do ambiente natural levou à perda do espaço de lazer e turismo que a cachoeira representava. Na década de 1990, foram iniciadas medidas legislativas para proteger a área, incluindo sua designação como Centro Integrado de Ecologia e Lazer (Lei Municipal nº 219 de 11 novembro de 1993) e, posteriormente, como Parque Municipal da Cachoeira Alta do Tarumã (a Lei nº 321 de 20 de dezembro de 1995). Essas iniciativas foram reforçadas pelo Plano Diretor Urbano e Ambiental de Manaus (Lei nº 671 de 4 de novembro de 2002) e pela criação da APA Tarumã-Ponta Negra e do Corredor Ecológico das Cachoeiras do Tarumã, visando preservar a biodiversidade e o patrimônio natural da região.

Atualmente a qualidade da água na Cachoeira Alta do Tarumã (Figura 7) está comprometida, apresentando-se com cor turva e odor de esgoto pronunciado, tornando-a completamente inadequada para o banho. Além disso, a área está poluída pelo lixo urbano, que se espalha por todo o local, representando um sério risco à saúde dos residentes e causando danos significativos ao meio ambiente.

Figura 7 - Cachoeira Alta do Tarumã em 2020.



Fonte: Ricardo Oliveira/ Revista Cenarium.

O Balneário do Tarumãzinho, situado na Avenida do Turismo, no bairro Tarumã, era reconhecido como um dos destinos mais populares da região. Sua atração principal era uma deslumbrante cachoeira natural, cujas águas geladas proporcionavam um refrescante banho, oferecendo aos visitantes uma experiência revigorante em meio à natureza exuberante. Rodeado por vegetações, o local garantia um contato direto e íntimo com o ambiente natural (MOTTA, 2023).

No entanto, ao longo do tempo, a degradação ambiental e o crescimento desordenado de moradias ao redor da cachoeira transformaram drasticamente sua paisagem. A urbanização desenfreada acabou por cercar e restringir o acesso ao balneário, tornando-o praticamente inacessível para os visitantes. A poluição decorrente do desenvolvimento urbano também contribuiu para a degradação da qualidade das águas e do ambiente ao redor, comprometendo ainda mais a beleza e a integridade do local. Essa transformação representa não apenas uma perda para os moradores locais, mas também uma lamentável consequência do desequilíbrio entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental.

A imagem da Figura 8 evidencia como era a paisagem do balneário Tarumazinho antes da construção da estrada de acesso ao local que resultou na remoção da vegetação ciliar, essencial para a preservação do curso d'água. Naquela época, tanto a estrada quanto uma série de embarcações permitiam o acesso ao balneário, alcançando o ponto onde a bela queda d'água estava situada.

Figura 8 - Balneário do Tarumãzinho.



Fonte: Minha Manaus Histórias.

Apesar de estar relativamente distante do centro urbano, o Tarumãzinho era conhecido e frequentado como um balneário público desde o final do século XIX. Durante a "belle époque" manauara, era um dos destinos incluídos no itinerário da famosa companhia de navegação inglesa 'Booth Line' (CORRÊA, 1969).

Até a década de sessenta, o acesso ao balneário era predominantemente realizado por via fluvial, utilizando-se principalmente pequenas embarcações das agências de turismo. No entanto, hoje em dia, o local encontra-se completamente deteriorado e contaminado pela poluição.

Na Figura 9 é apresentada uma vista da praia Dourada, localizada às

margens do então igarapé do Tarumã. Este é considerado um dos balneários mais antigos de Manaus, datando de 1974. O caminho de aproximadamente 3 km possui poucas construções ao redor, muita vegetação e menos trânsito de veículos em relação ao restante da cidade.

A Praia Dourada possui uma característica peculiar: não depende da vazante para ser desfrutada, diferentemente da praia da Ponta Negra, cujo acesso é influenciado pela vazante, por estar situada às margens do Rio Negro. É quando as águas dos rios da Amazônia baixam após a cheia, a área da praia aumenta significativamente. Isso ocorre porque o nível das águas recua, expondo mais areia e criando extensas faixas de terra firme ao longo das margens.

Esta área tem sido impactada pela expansão urbana de Manaus, que resulta na contaminação dos afluentes dos rios, especulação imobiliária e aumento das atividades aquáticas e flutuantes dentro do rio. Embora essas atividades possuam implicações econômicas e turísticas positivas, o ecossistema local enfrenta um cenário de descaso, principalmente devido à prática ilegal de extração mineral pela construção civil (SILVA, 2021).

Figura 9 - Vista da praia Dourada.



O avanço das construções residenciais no entorno do local é evidente. Segundo o comitê da bacia, cerca de 20 mansões com praias artificiais estão situadas às margens de uma área conhecida como "Laguinho do Tarumã". Além disso, a região abriga diversas chácaras (Figura 10A), balneários, residências particulares e flutuantes (Figura 10B). A ausência de um estudo de impacto ambiental para essas praias artificiais pode acarretar sérios problemas para o ecossistema local.

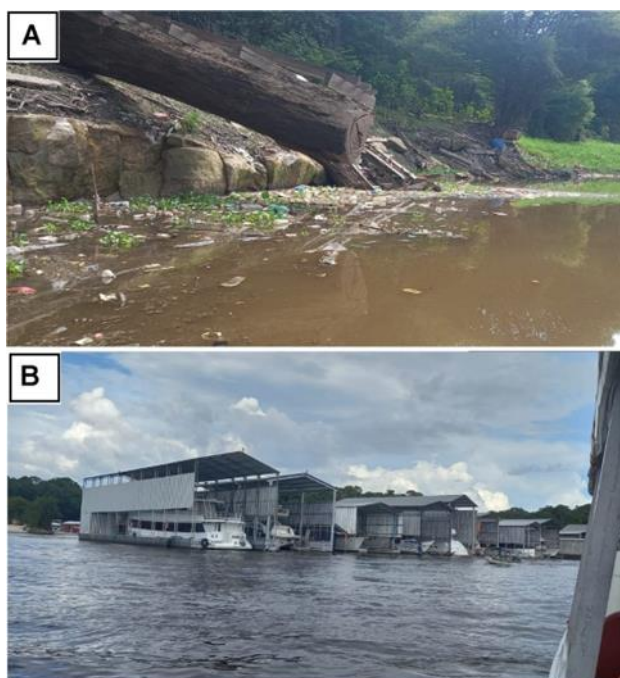
Figura 10 - A) Chácara Monte Rey; B) Flutuante Amazônico.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Na figura 11A, as imagens apresentadas revelam uma preocupante alteração na qualidade da água, evidenciada pela mudança de cor, presença de poluentes e odor desagradável. Além disso, observa-se um declínio na saúde das árvores que margeiam o igarapé, especialmente aquelas voltadas para a estrada, as quais apresentam sinais de deterioração e queda. Na figura 11B nota-se a presença devários estaleiros de pequeno a grande porte.

Figura 11 - A) Resíduos sólidos próximo a margem; B) Estaleiros.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

A Prefeitura de Manaus estima que há mais de 900 flutuantes em situação irregular nas margens da capital. Desses, apenas 12 estão regularizados. Em junho de 2023, a prefeitura começou a fazer as notificações para a retirada das estruturas.

O Ministério Público do Amazonas (MPAM) categorizou os diferentes tipos de flutuantes a fim de orientar o Município nas etapas de execução da retirada e nas medidas a serem adotadas. Qualquer flutuante situado na margem esquerda do Rio Negro, independentemente da posse de licença emitida pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), foi classificado da seguinte maneira (Quadro 4):

Quadro 4 - Tipos de Flutuantes.

Classificação	Modelo
TIPO 01	Flutuante com uso exclusivo para lazer, recreação ou locação por temporada, diária ou final de semana
TIPO 02	Flutuante usado como hotel, hostel, oficinas, bares, restaurantes, mercadinhos ou mercearias
TIPO 03	Flutuante utilizado como pontão e garagem flutuante para barcos, embarcações ou veículos aquáticos
TIPO 04	Flutuante usado como plataforma para ancorar, atracadouros, marinas ou píer
TIPO 05	Flutuante usado como escola, unidade básica de saúde, base para órgãos de segurança pública ou outro órgão público que justifique sua permanência

Classificação	Modelo
TIPO 06	Flutuante exclusivo para moradia, não sendo considerado morador quando for ocupado por caseiro ou similar

Org.: A autora, 2024.

A Prefeitura de Manaus deveria proceder com a remoção, completando o processo até o dia 31 de dezembro de 2023. Até a conclusão desta pesquisa (junho de 2024), a informação disponível revela que a Justiça do Amazonas suspendeu em 20 de março de 2024 a ordem de remoção e desmonte dos flutuantes localizados na bacia do rio Negro e na Orla do Tarumã, em Manaus. A decisão manteve apenas as remoções das estruturas abandonadas, medida que já estavam em execução pela Prefeitura de Manaus.

Dinâmicas do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu (1985-2020)

Os resultados da análise do mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu teve como foco cinco classes temáticas apresentadas no Quadro 4: floresta, formação natural não florestal; agropecuário; área não vegetada e corpos d'água. Estas cinco classes permitiram caracterizar a dinâmica de mudanças na paisagem desta bacia. Os mapas foram obtidos a partir dos dados do Mapbiomas e os recortes temporais escolhidos foram os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020. A análise iniciou pelo ano de 1985 por ser o dado mais antigo disponibilizado pelo Mapbiomas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográficado Tarumã-Açu, representados pelas Figuras 12 a 16, tem por objetivo entender as causas e consequências das alterações e auxiliar na estimativa dos impactos dasmudanças na bacia.

De acordo com Costa (2020, p. 26), “a bacia do Tarumã-Açu é cortada longitudinalmente pela rodovia BR-174 (Manaus – Boa Vista) e transversalmente pela AM-010 (Manaus – Itacoatiara)”, causando o surgimento de inúmeros ramais, no decorrer da bacia.

Com a disponibilidade de vias de acesso, o desflorestamento e a ocupação se dão, geralmente, associada às margens dos corpos d'água, seja para fins habitacionais, recreativos e/ou comerciais, indicando a degradação da vegetação ciliar nas áreas de preservação permanente (APPs) e,

consequentemente, colocando em risco a preservação dos recursos hídricos e da fauna (terrestre e aquática) que depende desses ambientes (COSTA, 2020, p.26).

A paisagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu possui 79,31% de sua área ocupada por cobertura vegetal. Desse total, 64,78% correspondem a áreas florestais (primárias e secundárias) e 14,53% à classe campestre, que engloba a vegetação não florestal, natural ou antropizada, valores estes estabelecidos por meio de processamento de dados de satélite em 2016 (COSTA, 2020, p. 22).

É predominante na paisagem da bacia a cobertura da floresta ombrófila, justificado pela localização da bacia, ainda na zona rural do município de Manaus. A área inteira da bacia, representa 52,93% da área total com 70.797,55 hectares. Deste total, 64,98% são representados pela floresta ombrófila, ou seja, 46.001 hectares. E a área urbana por 18,02%, totalizando 12.759,53 hectares (VASCONCELO et al. 2015).

De acordo com Albuquerque e Gavinho (2004), a ocupação e uso do solo na bacia do Tarumã-Açu são eventos recentes. O início da ocupação remonta à década de 1950, quando agricultores e extrativistas começaram a se estabelecer na região. A urbanização da área teve seu impulso a partir dos anos 1980, coincidindo com a criação da primeira marina na região. Isso abriu caminho para diversos empreendimentos, como residências, edifícios de alto padrão, postos de gasolina, lojas, flutuantes e atividades turísticas, impulsionando o mercado imobiliário.

Na década de 1990, surgiram propostas de desenvolvimento turístico devido à nova fase de ocupação. No entanto, foi nos anos 2000 que as ocupações e loteamentos por populações ribeirinhas se consolidaram no curso médio/superior da bacia de drenagem.

Observações feitas por Santos e Wachholz (2014) indicam que, na margem direita da bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu há pouca intervenção humana, com ausência de moradias ao longo das margens. Essas áreas são propensas a inundações sazonais devido à planície, resultando no afogamento da vegetação. Erosões causadas pelas ondas de barcos também são identificadas, juntamente com uma presença significativa de flutuantes e embarcações, contribuindo para manchas de óleo que afetam a qualidade da água. Por outro lado, na margem esquerda, a ocupação antrópica é predominante, com a presença de sítios,

construções e embarcações ao longo das margens, gerando impactos ambientais como compactação do solo, desmatamento da mata ciliar, entrada de esgoto e manchas de óleo na água.

A intensidade da ocupação na área está diretamente ligada às vias de circulação hidrográfica e rodoviária existentes. A bacia do Tarumã é atravessada por duas rodovias e ramais, especialmente nas áreas do Assentamento do Tarumã-Mirim e do Distrito Agropecuário da Suframa - DAS. A política fundiária adotada pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e a expansão urbana da cidade também contribuem para a rápida ocupação da região (BÜHRING, 2010, p.30).

A partir dos dados do mapeamento realizado pelo Mapbiomas, recortados para a bacia do rio Tarumã-Açu referente ao ano de 1985 (Figura 12), verificou-se que a área da bacia apresentava um total de 1133,57 km² de floresta, representando 82,71% da área total da bacia, enquanto a área não vegetada (principalmente área urbanizada) apresentou um total de 34,77 km², representando 2,54% da área (Tabela 01).

Nas áreas mapeadas como agropecuária, esta classe contava em 1985 com uma área total de 149,88 km², o que correspondia a 10,94%, enquanto as classes de formação natural não florestal possuíam um total de 27,64 km², equivalente a 2,02% da área total.

Os dados de uso e cobertura do ano de 1990 (Figura 13), indica valor semelhante da área florestal, apresentando uma área total de 1136,16 km², representado por 82,9%. Ao mesmo tempo em que, a área não vegetada foi de 48,41km², ou seja, 3,53% da área total. Em contrapartida as áreas de agropecuária apresentam uma da área total para 142,46 km², que corresponde a 10,39%. As áreas de formação natural não florestal reduziram para 18,77 km², representando 1,37% do total da bacia (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 1985 e 1990.

Classes	1985		1990	
	área (km²)	área %	área (km²)	área %
Floresta	1133,57	82,71	1136,16	82,9
Formação Natural não Florestal	27,64	2,02	18,77	1,37
Agropecuária	149,88	10,94	142,46	10,39
Área não Vegetada	34,77	2,54	48,41	3,53
Corpos D'água	24,67	1,8	24,74	1,8
Total	1370,53	100	1370,54	100

Org.: A autora, 2024.

Figura 12 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 1985.

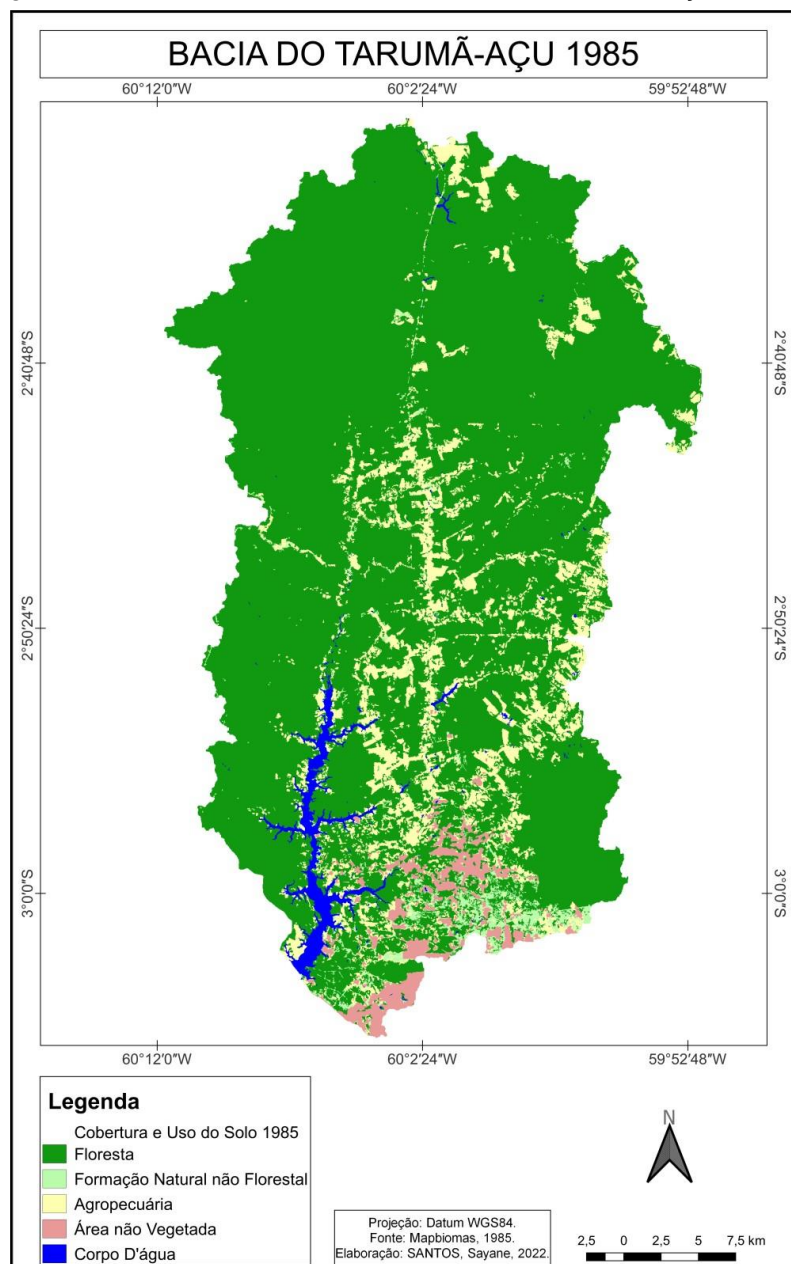
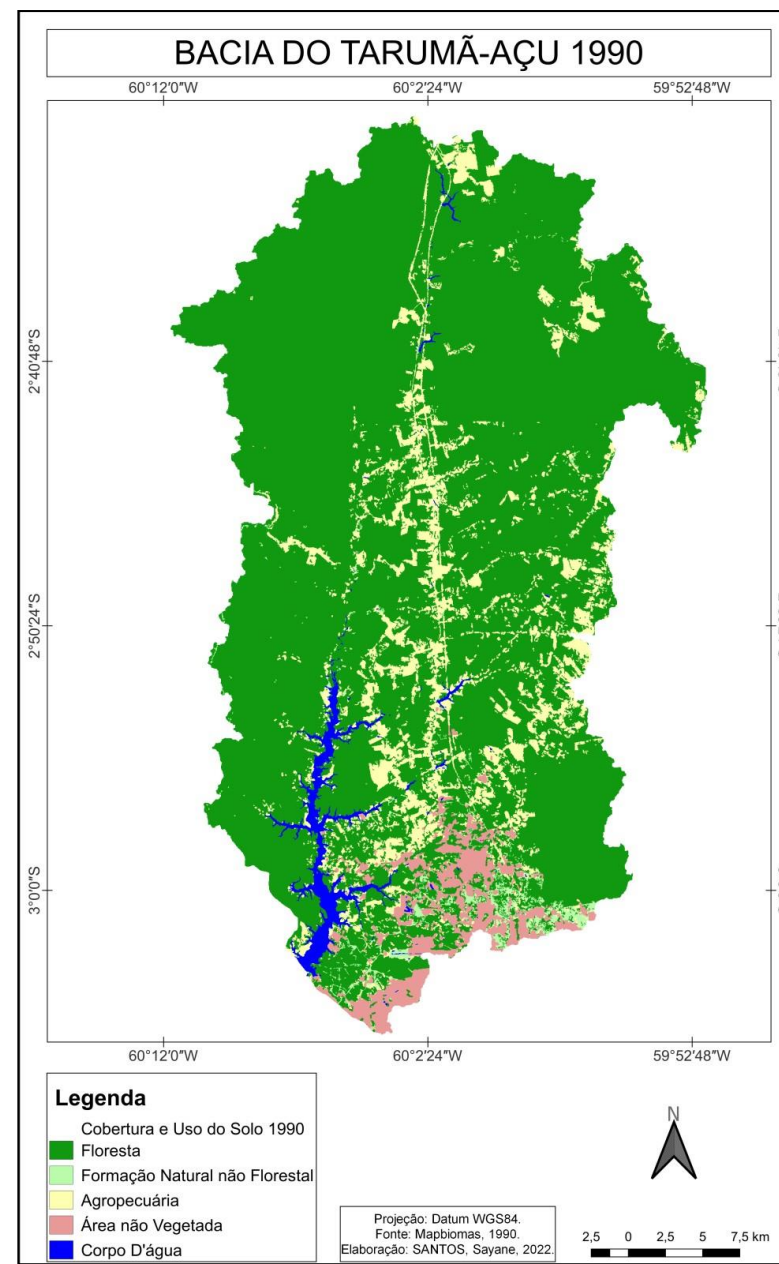


Figura 13 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 1990.



Para os anos de 2000 (Figura 14) e 2010 (Figura 15), nota-se uma pequena redução da área florestal, de uma área total de 1125,63 km² em 2000, equivalente à de 82,13%, passando a ser de 1111,88 km² em 2010, isto é, 81,13% (Tabela 02).

Enquanto na área não vegetada os dados do Mapbiomas registraram aumento de 72,54 km², para 84,3 km², passando de 5,29% para 6,15%. O mesmo acontece com as áreas de agropecuária que apresentavam uma área total de 140,38 km², expandindo para 145,87 km², ou seja, de 10,24% passou a ser 10,64% de área. Já as áreas de formação natural não-florestal diminuíram de 7,71 km² para 5,01 km², o que era 0,56% do total da bacia, passou para 0,37% dela.

Tabela 2 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 2000 e 2010.

Classes	2000		2010	
	área (km ²)	área %	área (km ²)	área %
Floresta	1125,63	82,13	1111,88	81,13
Formação Natural não Florestal	7,71	0,56	5,01	0,37
Agropecuária	140,38	10,24	145,87	10,64
Área não vegetada	72,54	5,29	84,3	6,15
Corpos D'água	24,25	1,77	23,45	1,71
Total	1370,51	100	1370,51	100

Org.: A autora, 2024.

Figura 15 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2000.

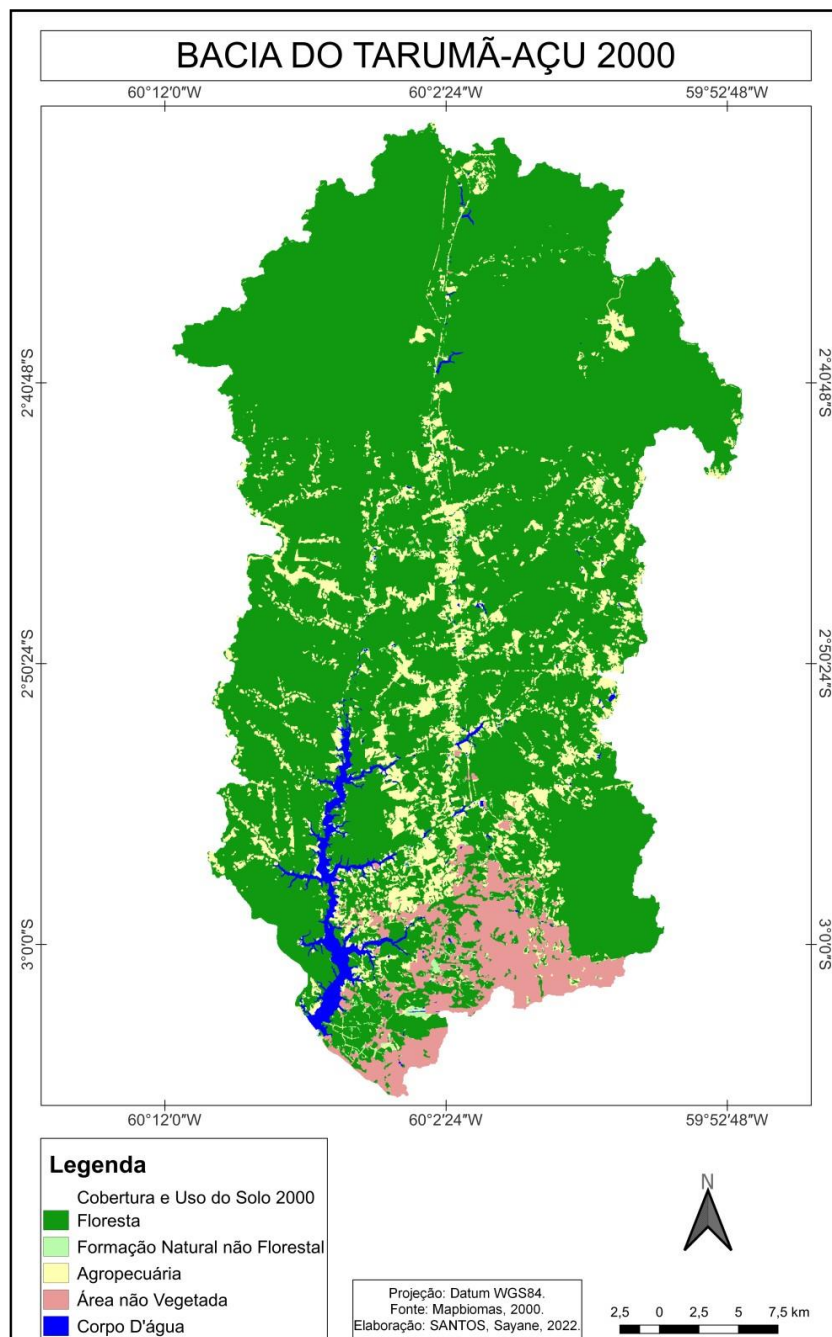
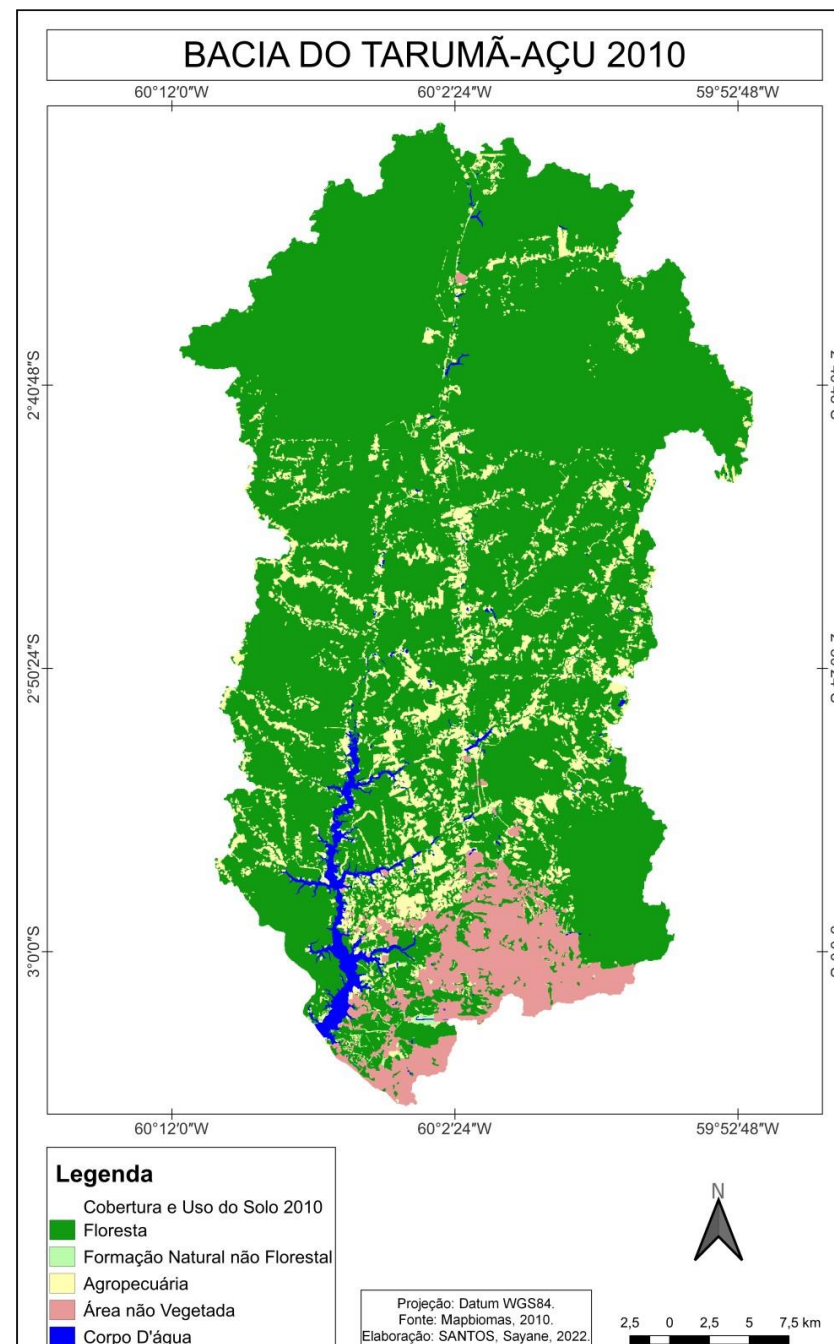


Figura 14 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2010.



O mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia do ano de 2020 (Figura 16) indica leve redução da área florestal, o que compreende aproximadamente em uma área total de 1101,96 km², o equivalente a 80,4% da área da bacia. Visto que a área não vegetada aumentou para 94,03 km², equivalente a 6,86% do total da bacia (Tabela 3).

As áreas de agropecuária apresentaram aumento de uma área total de 147,67 km², referente a 10,77%. Dado que, as áreas de formação natural não florestal indicam um leve aumento em relação ao ano de 2010 de 5,9 km², representando apenas 0,43% em relação à área total da bacia.

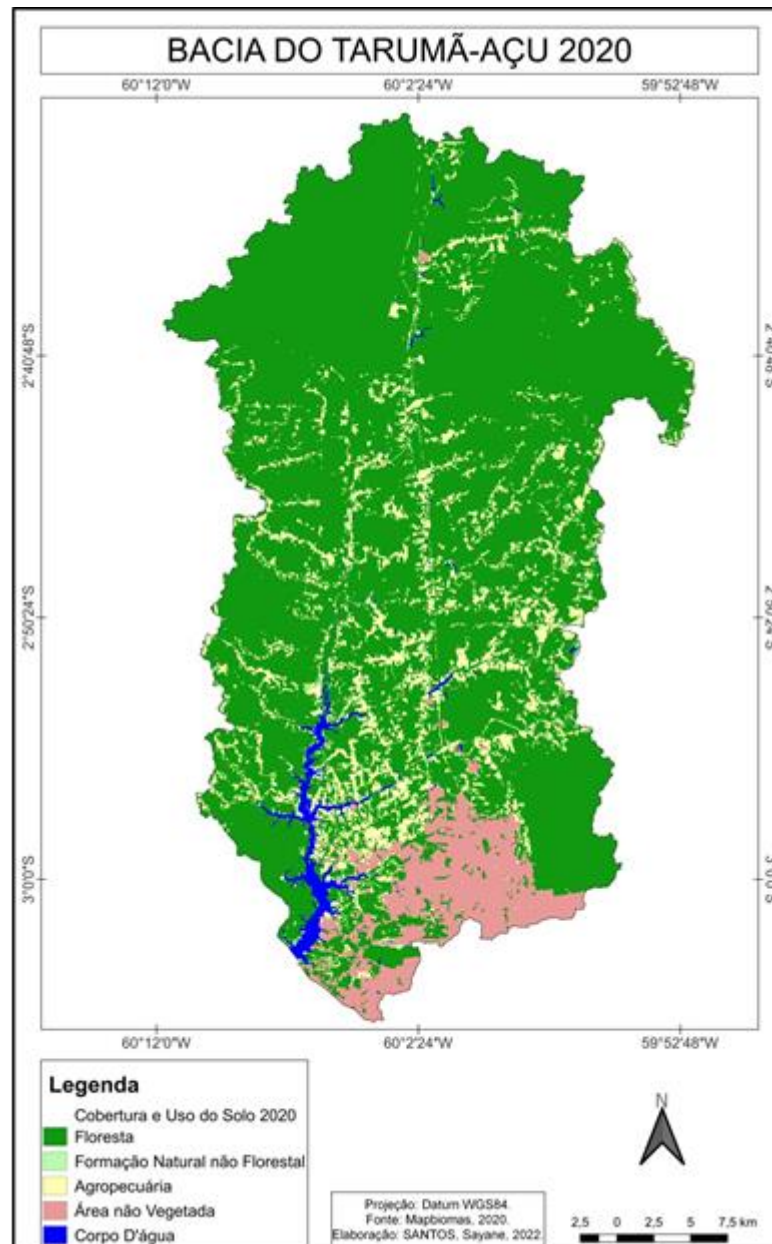
Tabela 3 - Classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu de 2020.

Classes	2020	
	área (km ²)	área (%)
Floresta	1101,96	80,41
Formação Natural não Florestal	5,9	0,43
Agropecuária	147,67	10,77
Área não vegetada	94,03	6,86
Corpos D'água	20,96	1,53
Total	1370,52	100

Org.: A autora, 2024.

Na comparação dos dados referente aos anos de 1985 e 2020, foi possível observar as variações e a dinâmica de uso e ocupação da terra, que indicou a redução aproximadamente 3% da floresta em 35 anos. No que se refere às áreas classificadas como área não vegetada, entre os anos de 1985 a 2020 notou-se um aumento, passando de 2% da área da bacia para 7% em 2020. Neste tipo de área predomina a paisagem urbana da cidade de Manaus. Em relação às áreas de agropecuária verificou-se que se manteve em 11% do total da bacia. Enquanto as áreas de formação natural não florestal reduziram em 2%.

Figura 16 - Uso e cobertura da terra na bacia do Tarumã-Açu em 2020.



Org.: A autora, 2024.

As atividades de uso e os tipos de cobertura da terra da bacia do rio Tarumã-Açu estão historicamente baseadas em razão da expansão urbana desordenada em direção à cabeceira da bacia (alto curso), que de acordo com Costa (2020, p.60) “apesar de ainda ser classificado como pouco degradado, registra perda de vegetação associada à construção da BR-174 e à abertura de ramais e vicinais”.

É uma bacia em expansão de atividades produtivas (mineração, agropecuária, extrativismo e turismo), concentrando chácaras, hospedarias, parques aquáticos, balneários e flutuantes, além de marinas públicas e privadas. Entretanto,

ao mesmo tempo em que estas atividades expandem, se intensifica os impactos ambientais nodecorrer da bacia devido aos processos erosivos.

Distribuição espaço-temporal de parâmetros da físico-químicos da água na Marina do Davi

O estudo foi conduzido no igarapé do Gigante (Figura 17) em duas ocasiões distintas, especificamente nos dias 10 de agosto e 01 de novembro de 2021, respectivamente em períodos de águas altas e baixas. Um totalde 29 pontos foram delimitados para avaliar as características físicas e químicas da água. É importante observar que em três desses pontos não foi possível realizar as avaliações devido à falta de acesso causada pela vazante (Figura 18). Em cada um dos pontos selecionados, foram coletadas informações referentes às seguintes variáveis: condutividade elétrica (CE), pH, turbidez (NTU), total de sólidos dissolvidos (TDS) e transparência Secchi.

Posteriormente, foram elaborados mapas através da interpolação para visualizar a distribuição espacial da qualidade da água no igarapé do Gigante e analisar eventuais alterações ao longo do tempo, comparando os dados obtidos em diferentes períodos hidrológicos. Ademais, para fins de comparação, foram utilizados dados previamente coletados em julho de 2016 por Maia (2016), bem como em dezembro de 2018, a fim de identificar possíveis mudanças significativas nos resultados ao longo dos anos estudados.

Figura 17 - Marina do Davi na cheia.



Foto: William Duarte/Rede Amazônica

Figura 18 - Marina do Davi na vazante.



Foto: Adneison Severiano/G1 AM

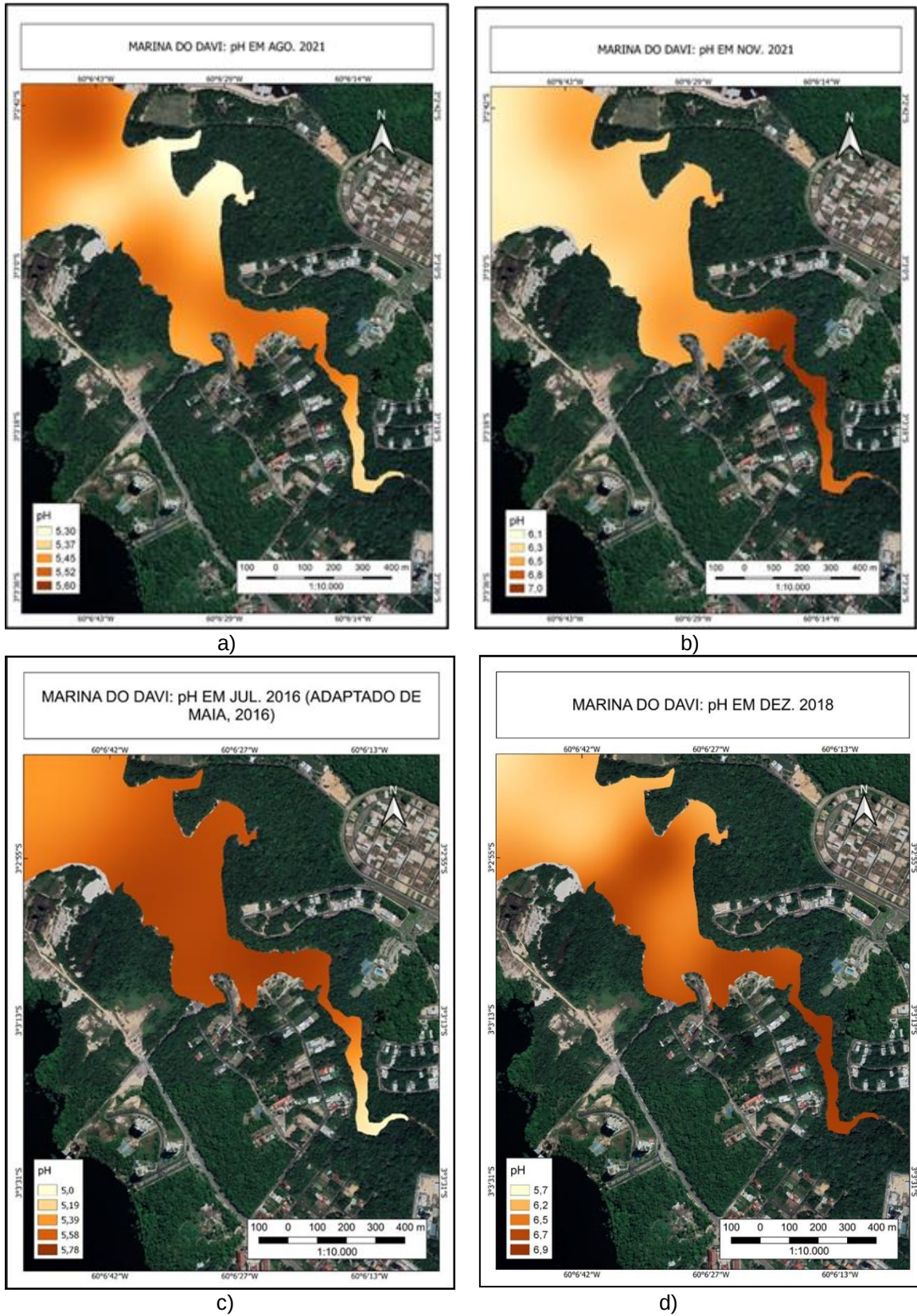
Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica se a água possui reações ácidas ou alcalinas. Nos rios de água preta, que é o caso dos rios da bacia do Tarumã-Açú, a água é naturalmente ácida devido valores de pH entre 3,6 e 5,5 (RÍOS-VILLAMIZAR *et al.*, 2021). Isso ocorre em razão da grande quantidade de substâncias orgânicas dissolvidas oriundas da drenagem dos solos que são lentamente transportados para o rio.

No igarapé do Gigante em todos os pontos analisados entre 2016 e 2021 observa-se um valor de pH maior que 5. Em algumas áreas do período de águas baixas de 2021 (novembro) observa-se valores de pH neutro ($\text{pH} = 7$), característica dos rios de água branca. É possível afirmar que o igarapé do Gigante é menos ácido que a média dos rios de água preta da bacia do rio Negro (VILLAMIZAR *et al.* 2021). No período de águas baixas (novembro e dezembro) observa-se que o pH é maior, isto ocorre provavelmente devido à interferência antrópica (Figura 19b e 19d).

Normalmente, os sistemas biológicos são muito sensíveis a variações no pH, autores indicam que para o meio biológico não sofram grandes danos, o pH deve ser entre 6,5 e 8,5 (BRAGA *et al.*, 2002). Porém, os rios de água preta na Amazônia são naturalmente ácidos de forma que os ecossistemas aquáticos já estão adaptados a esse baixo valor. Portanto, se o canal ficar menos ácido devido a interferência antrópica pode impactar nas formas de vida aquáticas.

Figura 19 - Espacialização do pH em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.



Org.: A autora, 2024.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE), segundo Reidel et al., (2013) é um parâmetro da qualidade da água que mede sua capacidade de conduzir corrente elétrica fornecendo importantes informações sobre o metabolismo do ambiente aquático, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema.

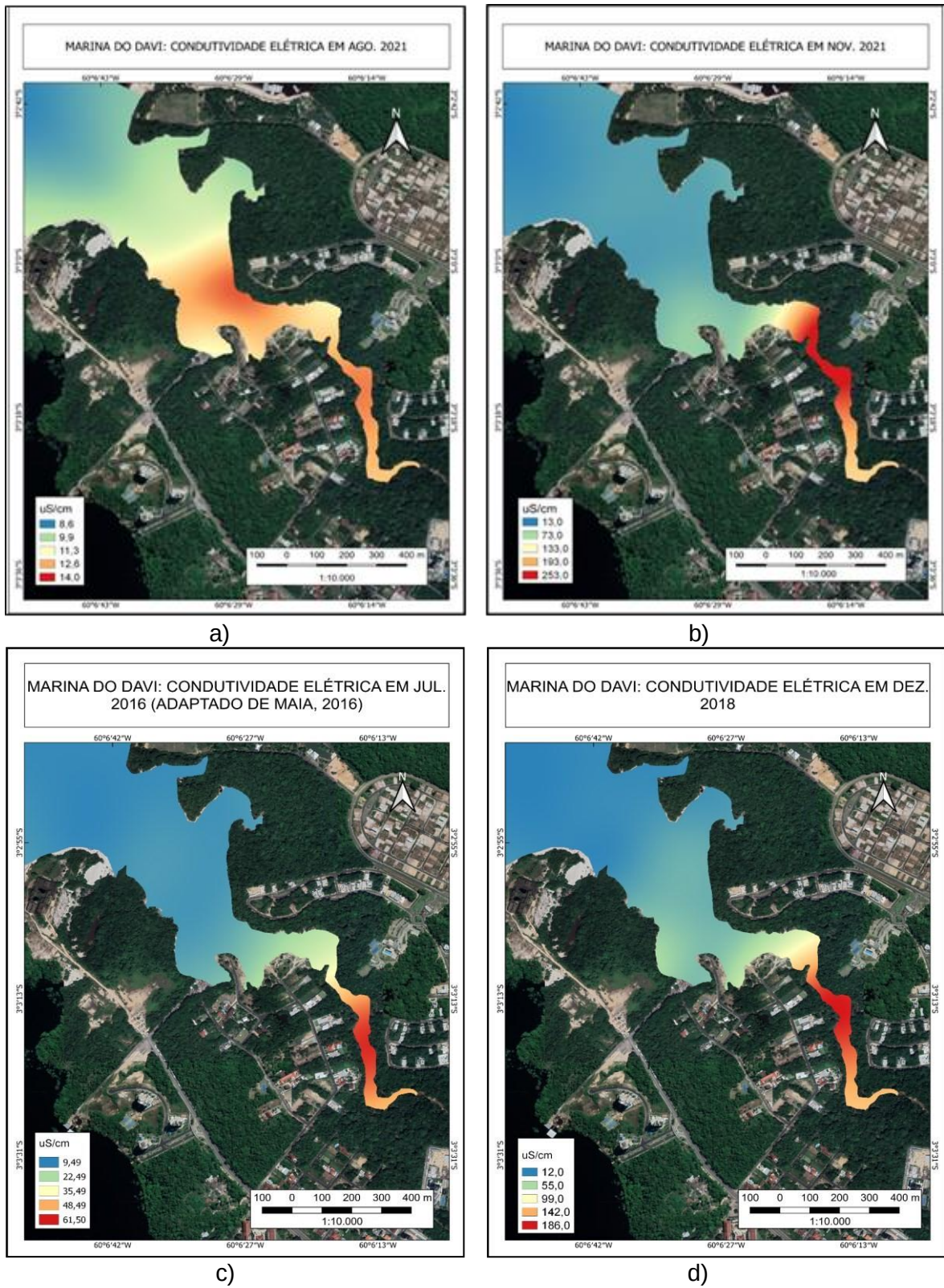
A maior variação da condutividade elétrica na Marina do Davi e no baixo Tarumã ocorre no período de águas baixas, no mês de novembro de 2021, com valores que variam de 13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 253 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo esse também o maior valor observado no período de coleta (2016-2021) (Figura 20b). E no mês dezembro de 2018, início do processo de enchente, com valores que variam 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (20d). Provavelmente isto ocorre devido ao volume de água transportado pelo canal ser menor, tornando mais evidente o impacto do despejo de efluentes no igarapé do Gigante. No início do período da vazante (agosto de 2021) observa-se a menor variação (8,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 20a) e no período da cheia a variação foi de 9,49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 61,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 20c).

A condutividade elétrica está relacionada aos sais dissolvidos de um canal fluvial. Nos rios de água branca, com nascentes dos Andes, a condutividade elétrica pode variar de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e perto das nascentes a amplitude é de 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando concentrações altas de sólidos dissolvidos (GIBBS, 1967).

Normalmente, os canais de água preta e clara que drenam normalmente escudos cristalinos já muito intemperizados são pobres em eletrólitos e transportam uma baixa concentração de sedimentos suspensos, apresentando uma baixa condutividade elétrica. Nos rios de água preta, normalmente <20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e nos grandes rios de água clara entre 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando uma baixa concentração de sais dissolvidos (RÍOS-VILLAMIZAR *et al.*, 2021).

Porém, no igarapé do Gigante, afluente do rio Tarumã-Açú, que é um canal de água preta, observa-se valores que ultrapassam 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Logo, a influência antrópica nesse canal é predominante para o aumento da condutividade elétrica.

Figura 20 - Espacialização da Condutividade Elétrica em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.



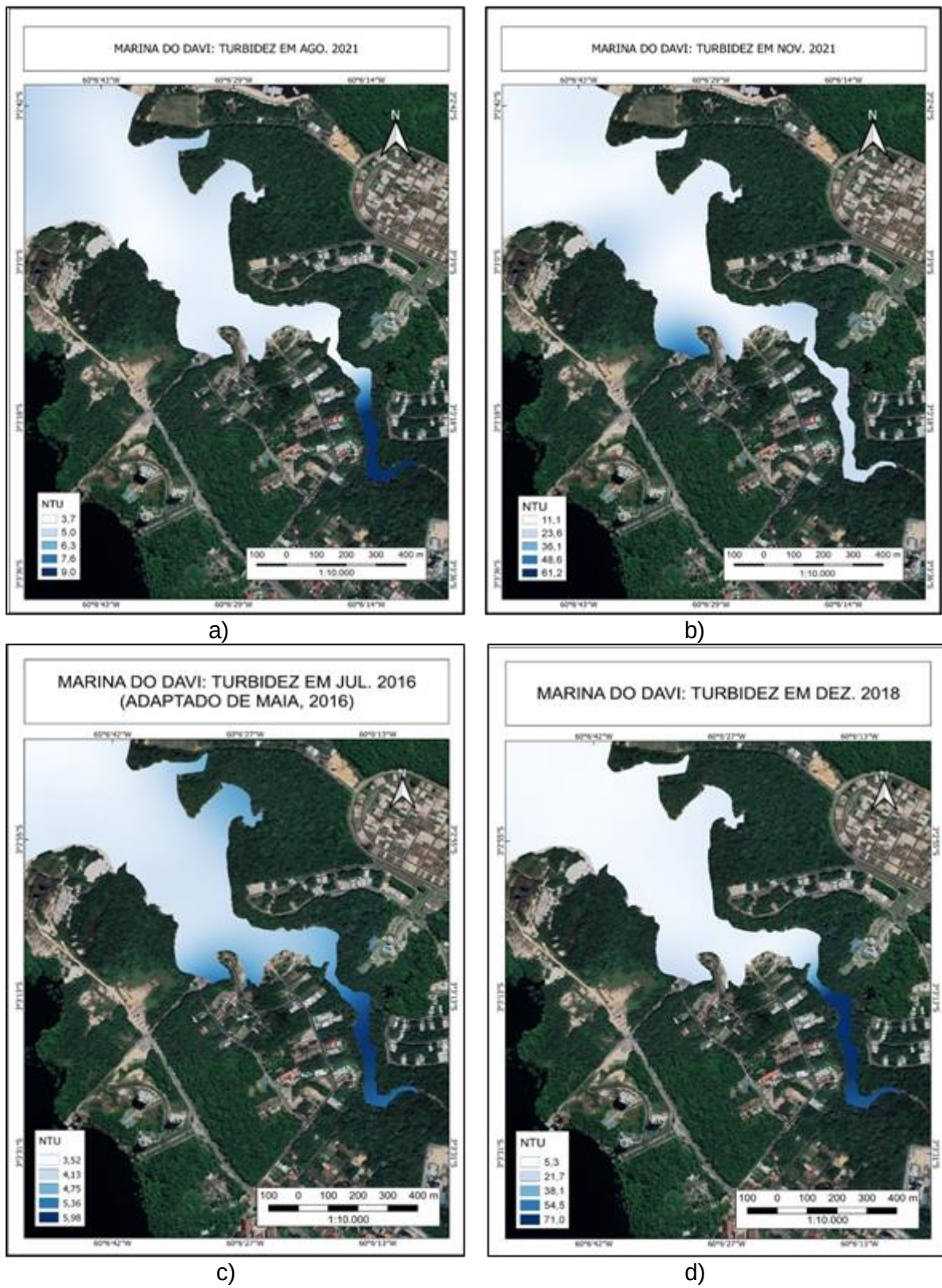
Turbidez

A turbidez é definida como a quantidade de partículas em suspensão que causam reflexão e dispersão dos raios luminosos que tentam atravessar a coluna d'água, podendo estas partículas serem de origem orgânica ou inorgânica. Por meio das coletas realizadas, observou-se que a turbidez no igarapé do Gigante sofreu variações, influenciadas pela presença significativa de resíduos sólidos, que conferem uma coloração mais intensa à água devido ao despejo desses materiais na área, bem como pelas atividades como o tráfego de embarcações.

Durante o período de águas baixas, verificou-se uma variação da turbidez entre 3,70 e 71 NTU, com as concentrações mais elevadas registradas no igarapé do Gigante. Tal comportamento pode ser atribuído ao aumento da concentração de resíduos e poluentes devido à redução do nível da água nesse período, juntamente com a presença mais concentrada de embarcações e flutuantes. É amplamente documentado na literatura científica que a pressão antropogênica influencia os índices de turbidez em cursos d'água, sendo observado que canais fluviais impactados por atividades humanas tendem a apresentar maior turbidez em comparação com canais onde a mata ciliar é preservada (HADDAS; MAGALHÃES, 2010).

Por outro lado, durante o período de águas altas (agosto e julho), a turbidez variou entre 3,52 e 9,00 NTU (Figura 21a e 21c). Isso se deve ao aumento do volume de água nesse período, o que contribui para a diluição dos resíduos antropogênicos que tendem a aumentar a turbidez durante o período de águas baixas. O aumento da turbidez durante o período de águas baixas indica que o impacto humano é mais evidente nesta época do ano, o que pode ter consequências para os ecossistemas aquáticos e a propagação de doenças transmitidas pela água (Figura 21b e 21d).

Figura 21 - Espacialização da Turbidez em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.



Org.: A autora, 2024.

Transparência Secchi

Segundo Reidel et al., (2013, p. 34) a transparência da água representa uma propriedade importante e pode servir de índice provisório e comparativo da produtividade natural ou de eutrofização dos corpos hídricos. A transparência varia muito, e depende da coloração da água e das partículas em suspensão.

No contexto do igarapé do Gigante e de outros rios de água preta na Amazônia, a transparência da água é uma propriedade crucial que varia significativamente ao longo dos períodos hidrológicos.

Durante o período de águas baixas, que ocorre nos meses finais da estação seca e início da estação chuvosa, a transparência da água no igarapé do Gigante é menor. Isso significa que a água se torna mais turva e menos clara, com valores de transparência variando entre 22 cm e 67 cm em novembro de 2021 (Figura 22b) e entre 18 cm e 88 cm em dezembro de 2018 (Figura 22d). Esse fenômeno se deve ao fato de que, durante a estação seca, há menos fluxo de água nos igarapés e rios, o que permite que os efluentes se acumulem e as partículas em suspensão se tornem mais visíveis na água.

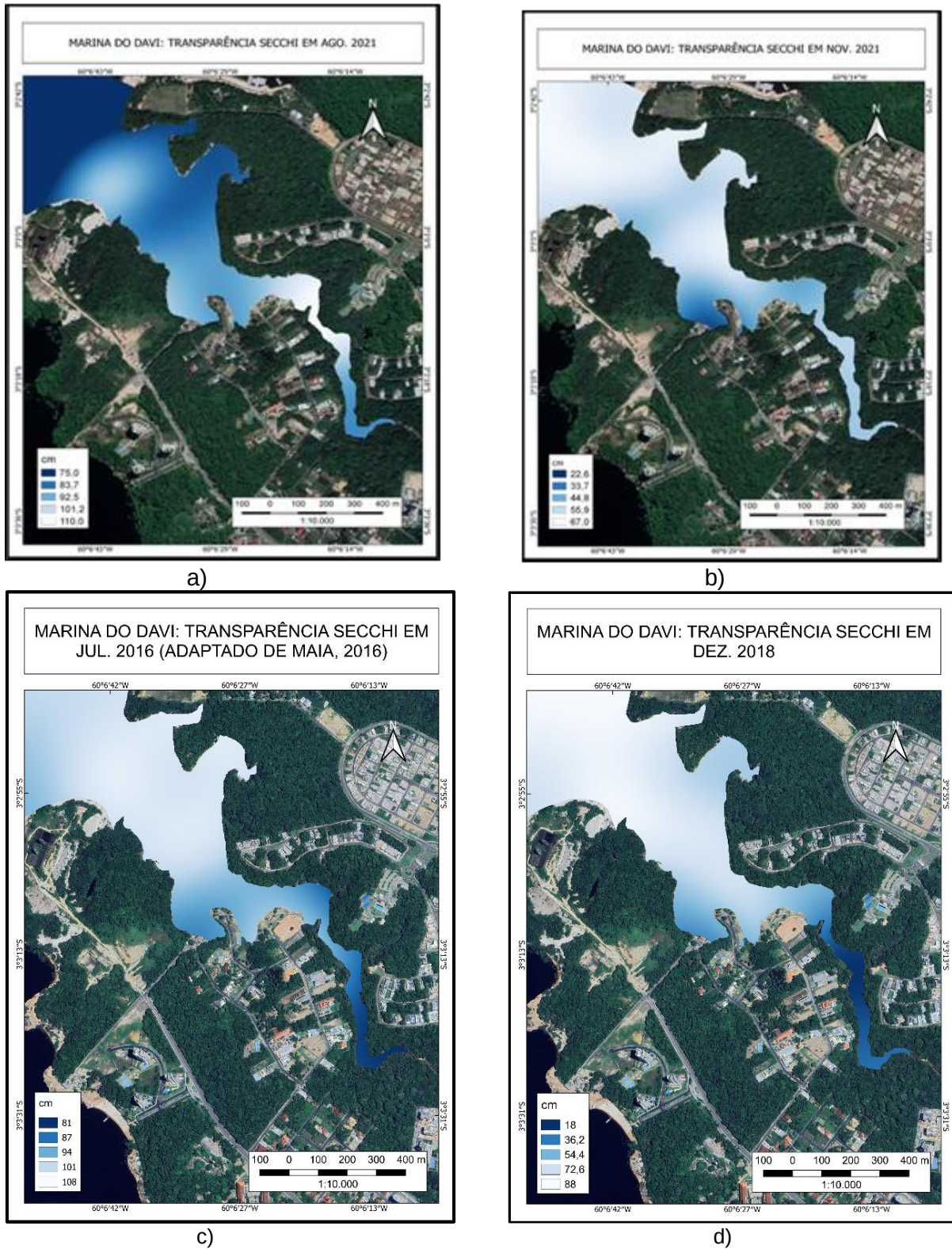
Além disso, a cor do igarapé pode mudar, refletindo a concentração e o tipo de material em suspensão e dissolvido na água. Isto ocorre porque no período de águas baixas aumenta a concentração de efluentes no canal, mudando inclusive a cor do igarapé do Gigante. Nos rios de água preta a transparência pode variar de 20 cm a 170 cm (VILLAMIZAR *et al.*, 2021).

Por outro lado, durante o período de águas altas, que coincide com o início da vazante em agosto até o pico da cheia em julho, a transparência da água tende a aumentar. Nesse momento, o aumento do volume de água nos igarapés dilui os sedimentos e efluentes acumulados, tornando a água mais clara. A transparência pode atingir valores mais altos, chegando a até 110 cm, conforme observado na figura 22a.

É importante destacar que a variação na transparência da água não apenas reflete mudanças na quantidade de sedimentos e efluentes, mas também está relacionada à produtividade natural dos corpos hídricos. Em rios de água preta como o igarapé do Gigante, a presença de matéria orgânica dissolvida e suspensa

contribui para a coloração escura característica das águas, afetando diretamente sua transparência.

Figura 22 - Espacialização da Transparência Secchi em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.



Org.: A autora, 2024.

Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)

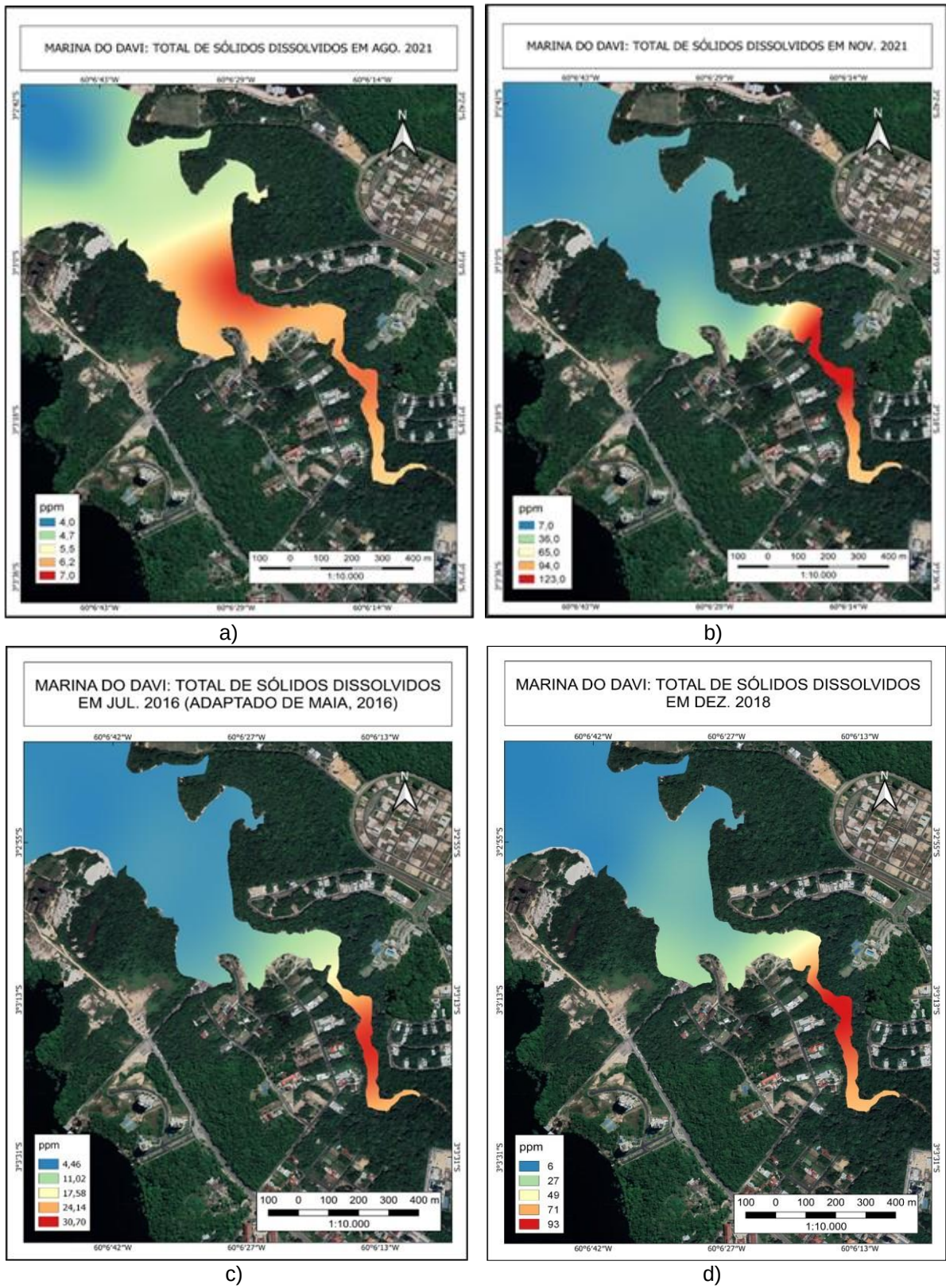
Os sólidos dissolvidos, com tamanho menor que 2 microns, abrangem uma variedade de minerais, sais e metais que se encontram na água na forma de moléculas, átomos, cátions e ânions. Eles compreendem os componentes dissolvidos na água, formando o que é conhecido como sólidos dissolvidos totais. Os TDS incluem principalmente sais inorgânicos, tais como cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos, além de pequenas quantidades de matéria orgânica que também se dissolvem na água (BRASIL, 2014).

A concentração de Sólidos Dissolvidos Totais é definida como a soma de todas as substâncias filtráveis presentes na água, que podem ser determinadas por métodos gravimétricos. Frequentemente, os TDS são compostos principalmente por íons resultantes da dissolução de sais na água. A análise dos TDS desempenha um papel fundamental nos estudos de qualidade da água em corpos hídricos naturais, abrangendo fontes superficiais, como rios e lagos, e subterrâneas, como aquíferos. Esta medida proporciona uma visão abrangente da composição química da água e é essencial para avaliar a adequação da água para diversos usos, incluindo consumo humano, atividades agrícolas e processos industriais (MURPHY, 2017).

A tonalidade de uma amostra de água está relacionada à quantidade de luz que é absorvida ao passar por ela, o que resulta na diminuição da intensidade luminosa. Essa absorção ocorre devido à presença de sólidos dissolvidos, sendo principalmente compostos de material coloidal orgânico e inorgânico.

Na Marina do Davi e foz do Rio Tarumã-Açu os sólidos dissolvidos no período de águas baixas variam de 6 a 123 ppm. Já no período de águas altas essa variação foi menor (4 – 30,70 ppm) (Figura 23). Conforme já observado nos parâmetros anteriores, o período de águas baixas apresenta os maiores valores o que pode impactar com maior intensidade os ecossistemas aquáticos e a população da bacia, principalmente a balneabilidade dos canais e propagar doenças de veiculação hídrica. A cor do canal também é impactada, visto que o canal, no período da seca, apresenta uma coloração diferente do período da cheia.

Figura 23 - Espacialização da Total de Sólidos Dissolvidos em diferentes períodos hidrológicos no igarapé do Gigante.



Org.: A autora, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema enfrentado na bacia do Tarumã-Açu decorre do constante avanço de estruturas flutuantes, ocupação desordenada nas margens, e de forma mais intensa, relacionado aos despejos de resíduos no Igarapé do Gigante e da falta de saneamento básico na área urbana de Manaus, principalmente no bairro Redenção. Isso tem impactado negativamente na qualidade da água dessa bacia, podendo levá-la a se tornar um ecossistema sem qualidade ambiental, assim como ocorreu em outras bacias na zona urbana de Manaus.

Observou-se que a qualidade da água do igarapé do Gigante, que desagua próximo da foz do Tarumã, está muito impactada pela ação antrópica, principalmente durante o período de águas baixas que apresentaram valores fora do padrão para os rios de água preta da bacia do rio Negro. A condutividade elétrica é o parâmetro mais preocupante, por revelar a presença de poluentes e seus impactos sobre os ecossistemas aquáticos. Valores elevados de condutividade frequentemente indicam a presença de substâncias dissolvidas como sais, metais pesados e produtos químicos, provenientes de diversas fontes de poluição como descargas industriais, esgoto doméstico, atividades agrícolas e mineração.

Considerada uma das últimas bacias dentro da zona urbana da cidade de Manaus que não está totalmente poluída, é necessário encontrar meios de preservar e reverter as ações humanas prejudiciais. Para isso, os órgãos estaduais e municipais criaram um plano de ação que visa remover os flutuantes licenciados e não licenciados do Tarumã-Açu, bem como suspender o licenciamento ambiental para novos flutuantes nessa área. Além da retirada desses flutuantes, é essencial implementar medidas de fiscalização e planejamento para o uso da área. Isso possibilitará uma avaliação adequada da quantidade de flutuantes que podem ocupar a bacia, permitindo o controle dos impactos ambientais.

A prática de ida aos balneários pela população manauara está enraizada em seu contexto cultural, devido à localização da cidade em uma região de elevadas temperaturas e à presença de vários igarapés, bem como à herança ribeirinha. O entretenimento da população costumava incluir a prática de banhos e brincadeiras nos rios, uma tradição que ainda persiste atualmente, com a frequente visita à flutuantes. No entanto, o crescimento desordenado da sociedade resultou em uma infraestrutura precária e na poluição dos rios. Consequentemente, quando um rio se

torna altamente poluído, as pessoas buscam rios mais limpos mais adentrados na floresta e distantes da cidade. Portanto, o comprometimento das autoridades e a conscientização da sociedade são de suma importância para preservar e revitalizar nossa herança histórica.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. R.; GAVINHO, C. A. **Análise das Condições de Erodibilidade na Bacia Hidrográfica do Tarumã Açú – Manaus (AM)**. p. 10, 2004.
- ANA - Agência Nacional de Águas – (2016). **Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas** – Progestão. Disponível em <<http://progestao.ana.gov.br/>> Acesso em julho de 2016.
- ANA. **Divisão de Bacias**. 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fe192ba0-45a9-4215-90a5-3fba6abea174>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- ANA. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos v.5. Brasília: ANA, 2013.
- ANDRADE, M. Manaus: ruas, fachadas e varandas. Manaus: [Editora Umberto Calderaro], 1984. 280p. ilus. ISBN 978-85-63526-63-2
- BARBOSA, C. C.F; NOVO, E. M.L.M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos**: princípios e aplicações. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.
- BARTOLI, E. Apropriação da terra urbana na cidade de Manaus: A natureza loteada no bairro Tarumã. **ACTA Geográfica**, v. 10, 2011.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução **CONAMA** nº. 357/2005, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2005.
- BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 08/11/2022.
- Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.
- BÜHRING, R. **Estudo da Dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Tarumã**, Manaus-AM. 2010.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução À Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CORRÊA, L. de M. **Roteiro Histórico e Sentimental da Cidade do Rio Negro**. Manaus: Artenova, 1969.
- CORTE, A. C. D. **Balanço hídrico em bacia urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, p. 89. 2015.
- COSTA, J. S. da et al. **Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia**

hidrográfica periurbana na Amazônia Central. Scientia Plena, v.17, n. 9, 2021.

COSTA, J. S. da. **Relatório de situação bacia hidrográfica do Tarumã-Açu** [livro eletrônico]: transformações antrópicas e qualidade da água. 1ª Ed. Manaus, AM, 2020.

COUTINHO, J. L. R. **Estudo Da Organização Sociopolítica E Ambiental Da Cooperativa De Aquaviários Acamdaf Na Marina Do David/Am.** p. 88, 2012.

DA SILVA, F. L. et al. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.

DA SILVA, M. L.; DA SILVA COSTA, E. B.; DA SILVA, C. L. **Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM.** 2013.

DICIONÁRIO AMBIENTAL. **O que é uma Bacia Hidrográfica.** ((o))eco, Rio de Janeiro, abr. 2015. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/29097-o-que-e-uma-bacia-hidrografica/>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento.** Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 17 jul. 2022.

FALCÃO, C. L. C. A Teoria Geral Dos Sistemas e o Entendimento dos Processos Erosivos em uma Bacia Hidrografia. **Revista Equador**, V. 9, N. 4, P. 21-39, 2020.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

GIBBS, R. J. **The geochemistry of the Amazon River system: Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids.** Geol. Soc. Am. Bull., v. 78, p. 1203-1232, 1967. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1967\)78\[1203:TGOTAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1967)78[1203:TGOTAR]2.0.CO;2)

GOMES, R.C.; BIANCHI, C.; DE OLIVEIRA, V. P. V. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **GEOgraphia**, v. 23, n. 51, 2021.

GUATEMALA, Comisión Nacional de Microcuencas (Proyecto Tacaná). **Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas.** San Marcos- Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Oficina Regional para Mesoamérica, 2009, 66p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA. **Geomorfologia do Brasil.** 9ª edição ed. Rio de Janeiro, Brazil: Bertrand Brasil, 2017.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 13ª edição ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

LOPES, E. A.; MENDONÇA, F. **Urbanização E Recursos Hídricos: Conflitos Socioambientais E Desafios À Gestão Urbana Na Franja Leste Da Região Metropolitana De Curitiba (Rmc) - Brasil.** p. 14, 2010.

MACHADO, P. J. DE O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia.** São Paulo: CENGAGE Learning, 2012.

MAPBIOMAS. **Visão Geral Da Metodologia.** Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 Jul. 2022.

MARTINHAGO, D. et al. Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 965- 970, 2021.

MELO, S. F. S.; ROMANEL, C. **Gestão De Recursos Hídricos No Estado Do Amazonas: O Caso Da Bacia do Tarumã-Açu**. 2018.

MOTTA, V. Dia Mundial da Água: relembre balneários em Manaus que hoje estão inacessíveis. **Portal Amazônia**, Manaus, 22 de mar. 2023. Disponível em: <<https://portalamazonia.com/estados/amazonas/relembre-balnearios-em-manaus-que-hoje-estao-inacessiveis>>. Acesso em: 23 de abr. 2024.

MURPHY, S. **General Information on Solids**. 2017. Disponível em: <<https://bcn.boulder.co.us/basin/data/BACT/info/TDS.html>>. Acesso em: 26 de abr. 2024.

NOVO, E. M. L. DE M. **Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

NOGUEIRA, Ana Cláudia Fernandes; SANSON, Fábio; PESSOA, Karen. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil**, v. 21, n. 26, p. 5427-5434, 2007.

OLIVEIRA, J. M. de; et al. Efeito do Crescimento Urbano Sobre As Águas do Tarumã-Açu, Manaus/Am. **XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA**, 2009.

PLANET LABS PBC. **Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth**. Disponível em: <<https://api.planet.com>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PORTO, M. F.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 43-60, 2008.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RÍOS-VILLAMIZAR, E.A.; ADENEY, J.M.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J.; Hydrochemical Classification of Amazonian Rivers: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 21, n. 78, p. 211-226, 2020.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais**. 1997. Brasília: MMA, 446 p.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SANTOS, R. G. dos; WACHHOLZ, F. **Influência da Ocupação Antrópica nas Características Espectrais da Água do Igarapé Tarumã-Açu (Manaus – Am)**. 2014. Disponível em:

https://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1404694314_ARQUIVO_artigoexpandidoparavit+%AAria_robson_fw.pdf. Acesso em: 02 Jan. 2023.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

SEMMAS – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Áreas Protegidas**. Disponível em: <<https://semmas.manaus.am.gov.br/areas-protegidas/#:~:text=APA%20Tarum%C3%A3%2DPonta%20Negra,ocupa%C3%A7%C3%A3o%20da%20cidade%20tem%20migrado.>>. Acesso em: 10 Jul. 2022.

SEINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura. Sistema Viário, Duplicação da Estrada do Tarumã, cidade Manaus – AM, no trecho entre as Avenidas Santos Dumont e Torquato Tapajós. **ESTUDO AMBIENTAL SIMPLIFICADO. 2013.** Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/DOC-15-EAS-VIARIO-ANEL-SUL.pdf>. Acesso em: 20 Jul. 2022.

SILVA, J. M. da. **Estudo socioambiental da praia dourada margemesquerda do rio Tarumã - Açú na cidade de Manaus-AM.** 2021. 77 f. TCC (Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.

SIQUEIRA, L. F.; FILIZOLA, N. Estudo Hidrológico do Efeito de Barramento Hidráulico no Rio Tarumã-Açú, Manaus-Am. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, 1 abr. 2021.

SOITO, J. Usos múltiplos da água. **Boletim de Conjuntura**, n. 5, p. 21-27, 2019.

TAVARES, V. M. **Gestão ambiental e turismo: um estudo sobre o potencial turístico da Cachoeira Alta do Tarumã.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Turismo). Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>. Acesso em: 17 jul. 2022.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH-Edusp, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas.** 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhtvkxybFsJYQtx7v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 Jul. 2022.

VASCONCELOS, M. de; DA C., L. A.; DE OLIVEIRA, M. A. F. Estudo da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açú, Manaus, Amazonas, utilizando imagens de radar. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.

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

APÊNDICE A — Tabulação de dados coletados em 10 de agosto de 2021

DADOS COLETADOS NA MARINA DO DAVI 10 DE AGOSTO DE 2021									
Pontos	Hora	Temp. Ar	Temp. Água	SD	pH	CE	TDS	NTU	Obs.
MD01									SEM ACESSO
MD02	09:17	32.6	30	90	5.51	13	7	6.74	Área fechada; presença de vegetação, manchas de óleo, resíduos sólidos; igarapé;
		32.2	30	92	5.49	14	6	9.19	Forte influência de condomínios, esgoto; macrófitas; murerú
		32.3	30.1	101	5.46	13	6	11.2	
MD03	09:30	34.1	30.7	111	5.51	14	7	3.78	Área fechada; presença de vegetação, manchas de óleo, resíduos sólidos; igarapé;
		33.9	30.6	109	5.52	13	7	3.73	
	09:34	33.4	30.5	111	5.48	12	6	3.84	
MD04	09:38	32.7	30.9	111	5.53	13	6	4.10	Presença de vegetação, embarcações, resíduos sólidos e estaleiro.
		33.3	30.8	110	5.50	13	6	4.01	
		33.8	30.9	111	5.51	12	6	4.05	
MD05									SEM ACESSO
MD06	09:48	33.6	30.6	96	5.58	13	7	4.54	Mov. de embarcações; Tarumã.
		33.1	30.6	101	5.55	12	6	4.42	
		33	30.6	97	5.53	12	6	4.39	
MD07	09:58	32.2	30.9	91	5.58	13	6	4.37	Presença de embarcações e manchas de óleo.
		33.1	30.8	95	5.56	12	6	4.43	
		32.5	30.7	95	5.50	12	6	4.36	
MD08	10:05	33.8	31	90	5.55	12	6	4.85	Próx. a condomínios; próx. a margem exposta; presença de manchas de óleo.
		33.3	31.1	87	5.49	12	6	4.81	
		33.2	31.1	92	5.46	12	6	4.76	
MD09	12:12	34.4	30.5	87	5.56	13	7	3.98	Próx. Embarcações; estaleiro, flutuantes e presença de manchas de óleo.
		34.9	30.4	93	5.54	13	6	4.01	
		34.3	30.4	90	5.53	13	6	4.02	
MD10	10:18	34.2	30.4	88	5.53	12	6	4.56	Próx. Embarcações, estaleiro, flutuantes e presença de manchas de óleo.
		33.9	30.4	90	5.50	12	6	4.61	
		33.9	30.3	90	5.48	12	6	4.68	
MD11	10:27	34.1	30.4	91	5.46	12	6	5	Próx. Ao porto, local de embarque, mov. de embarcações; presença de resíduos, espumas e manchas de óleo.
		33.7	30.3	90	5.45	12	6	4.97	
		33.5	30.3	94	5.44	11	6	5.03	
MD12	10:32	33.5	30.2	97	5.53	13	6	3.98	Ao lado da Marina; próx. Embarcações, flutuante; presença de manchas de óleo; Mov. de embarcações.
		33.8	30.1	97	5.51	13	6	3.89	
		33.9	30.1	100	5.50	12	6	3.94	
MD13	10:38	34.4	30	98	5.51	12	6	4.35	Próx. embarcações e estaleiro.
		34.5	30	97	5.50	12	6	4.29	
		34.1	30	98	5.48	12	6	4.35	
MD14	10:44	33.7	30.1	90	5.47	12	6	4.34	Mov. De embarcações e próx. Estaleiro.
		33.8	30.2	87	5.45	11	6	4.26	
		34.5	30.4	90	5.49	12	6	4.30	
MD15	10:50	34.5	30	94	5.54	13	6	4.13	Ao lado do flutuante e embarcações; presença de manchas de óleo;
		34.3	30.1	95	5.52	13	6	4.12	
		34	30.2	95	5.53	13	6	4.7	
MD16	10:56	34.5	30.4	90	5.52	14	7	4.18	Ao lado do flutuante e próx. a embarcações.
		34.8	30.4	90	5.55	14	7	4.17	
		34.7	30.5	90	5.53	14	7	4.10	
MD17	11:06	34.1	30.3	85	5.51	12	6	3.86	Próx. Flutuante e a base do INPA.
		34.4	30.3	87	5.50	12	6	3.78	
		34.8	30.4	86	5.49	11	6	3.86	
MD18	11:18	32.3	30.8	80	5.49	12	6	4.14	Próx. a embarcações e estaleiro; manchas de óleo.
		34.6	30.8	85	5.47	11	6	4.13	
		35	30.8	85	5.49	11	6	4.11	
MD19	11:19	34.7	30.8	80	5.55	11	5	3.73	Próx. embarcações e presença de manchas de óleo.
		34.6	30.9	82	5.49	11	5	3.73	
		34.4	30.9	81	5.55	11	5	3.74	
MD20	11:25	34.3	31	80	5.49	11	5	4.67	Próx. Embarcações e estaleiro; presença de manchas de óleo.
		34.2	31.2	85	5.48	11	5	4.60	
		34	31.3	81	5.47	11	5	4.59	
MD21	11:32	32.2	30.9	80	5.38	10	5	5.06	Próx. Embarcações.
		31.6	30.9	76	5.35	11	5	4.81	
		31.8	30.9	81	5.37	10	5	4.59	
MD22	11:38	30.8	30.6	90	5.41	11	5	3.85	Próx. Embarcações; água do rio negro, velocidade do rio aumentou indo em direção a Marina.
		31.3	30.6	92	5.40	10	5	3.81	
		30.8	30.5	90	5.39	10	5	3.83	
MD23		32.2	31.4	105	5.40	10	5	4.14	Ao lado do batalhão PM; água marrom acinzentada com manchas de óleo; próx. Margem e partículas inorgânicas.
		32.2	31.7	110	5.41	11	5	4.37	
		32.4	31.8	110	5.38	10	5	4.32	
MD24	11:56	33.9	31.2	80	5.38	10	5	5.02	Próx. Embarcações, flutuante e vegetação; presença de resíduos.
		32.6	31.3	85	5.39	10	5	5.06	
		32.4	31.3	80	5.40	10	5	4.98	
MD25	11:51	32.3	30.9	90	5.48	10	5	3.78	Próx. Flutuante e presença de manchas de óleo.
		32.3	31	95	5.46	11	5	3.76	
		32.5	31	95	5.46	10	5	3.77	
MD26	12:03	32.2	30.8	80	5.44	10	5	4.72	Próx. Margem e embarcações.
		32.4	30.9	83	5.44	11	5	4.53	
		32.4	31	80	5.43	10	5	4.53	
MD27	12:08	32.8	31.1	81	5.46	9	4	4.83	Próx. Flutuante; Tarumã-Açúdescendo o Rio Negro.
		32.4	31.2	81	5.44	10	4	4.63	
		32	31.3	85	5.45	9	5	4.63	
MD28	12:14	32.7	31.3	70	5.58	9	5	3.89	Próx. Vegetação
		32.7	31.5	77	5.46	10	5	3.85	
		32.4	31.6	80	5.49	10	4	3.86	
MD29	12:20	31.9	31.1	75	5.51	9	4	5.13	Próx. Posto de gasolina
		31.7	31.2	80	5.54	8	4	5.50	
		31.7	31.3	76	5.49	9	4	5.58	

Fonte: Santos, Sayane (2021).

APÊNDICE B — Tabulação de dados coletados em 01 de novembro de 2021

DADOS COLETADOS NA MARINA DO DAVI 1 DE NOVEMBRO DE 2021								Obs.
Pontos	Hora	Temp. Água	SD	pH	CE	TDS	NTU	
MD01								SEM ACESSO
MD02								SEM ACESSO
MD03								SEM ACESSO
MD04	09:32	29.5	48	6.96	254	120	18.50	Próx. a margem; água marrom claro; presença de vegetação e resíduos sólidos .
		29.1	50	7.16	269	129	22.60	
	09:36	29	49	7.17	238	121	19.00	
MD05								SEM ACESSO
MD06	09:42	32.4	45	6.84	80	41	20.10	Cor da água marrom claro e presença de resíduos sólidos.
		32.3	37	6.68	85	40	20.00	
	09:46	32.3	46	6.64	78	38	20.00	
MD07	09:48	32.4	49	6.63	94	43	16.30	Próx. a estaleiros; embarcações; água marrom claro e presença de resíduos sólidos.
		32.5	50	6.60	74	35	16.70	
	09:54	32.4	51	6.59	62	25	16.30	
MD08	09:58	32.9	44	6.74	49	37	18.70	Próx. a margem; água marrom e presença de resíduos sólidos.
		32.9	45	6.58	55	37	19.10	
		33	42	6.54	50	26	19.20	
MD09	10:03	32.2	55	6.59	56	26	14.10	Próx. a flutuantes e embarcações; água marrom e presença de resíduos sólidos.
		32.1	58	6.50	55	28	14.00	
	10:06	32.2	59	6.52	53	26	14.50	
MD10	10:08	32.2	43	6.60	60	30	23.80	Próx. a embarcações; água marrom claro; movimento da água.
		32.3	45	6.53	62	31	23.90	
	10:11	32.3	40	6.52	59	29	23.90	
MD11	12:40	32.6	20	6.40	68	34	61.30	Próx. a Marina, margem e embarcações; água marrom claro e presença de resíduos.
		32.6	25	6.44	70	33	61.30	
		32.6	23	6.42	67	65	61.00	
MD12	10:18	32	35	6.78	68	35	30.40	Próx. a margem e embarcações; água marrom claro e resíduos sólidos.
		32.2	37	6.63	70	36	31.30	
		32.2	35	6.58	70	36	31.10	
MD13	10:23	32.9	40	6.46	45	22	37.10	Próx. a margem e embarcações; água marrom claro; resíduos sólidos.
		33.1	39	6.21	42	24	36.70	
	10:27	32.8	40	6.25	51	26	36.80	
MD14	10:13	32	39	6.73	69	35	27.50	Próx. e Mov. de embarcações; água marrom.
		32.1	37	6.60	69	35	27.60	
	10:16	32.1	40	6.56	44	34	27.80	
MD15	10:29	32.1	57	6.49	47	23	17.20	Mov. Embarcações; água marrom escuro.
		32.1	55	6.33	46	23	14.20	
	10:33	32.1	55	6.38	45	23	14.30	
MD16	10:35	32.7	61	6.61	43	22	12.30	Próx. Margem e embarcações; água marrom escuro; resíduos com isopor.
		33.1	60	6.51	46	22	12.20	
	10:38	33.2	59	6.44	43	22	12.10	
MD17	10:45	32.9	55	6.39	28	14	17.10	Próx. Margem, flutuantes, INPA.
		32.8	52	6.25	30	15	17.60	
	10:47	32.7	58	6.21	28	16	17.20	
MD18	10:40	33.2	60	6.51	34	17	11.30	Próx. Margem e flutuantes; água marrom claro.
		33.2	60	6.42	34	16	11.40	
	10:42	33.1	64	6.35	32	16	11.50	
MD19	10:50	32.8	40	6.42	33	15	29.80	Próx. Margem, embarcações e flutuantes; água marrom claro.
		32.8	45	6.34	35	17	30.40	
	10:52	33.3	50	6.31	29	18	30.30	
MD20	10:58	33	50	6.42	35	17	18.30	Próx. Margem e flutuantes; água marrom claro.
		33.4	52	6.38	34	17	18.00	
		33.3	50	6.38	35	17	18.00	
MD21	11:45	32	55	6.50	36	18	16.90	Próx. Flutuantes; água marrom escuro.
		32.2	60	6.40	35	18	16.90	
	11:47	32.3	55	6.30	35	18	16.80	
MD22	11:02	32.8	60	6.49	34	17	13.20	Próx. Flutuantes, embarcações; água marrom escuro.
		32.9	59	6.38	34	17	13.10	
	11:04	32.9	62	6.36	34	17	13.30	
MD23	11:50	32.4	60	6.40	34	17	15.40	Próx. Embarcações; água marrom claro.
		32.6	55	6.25	33	17	15.30	
		32.7	55	6.19	33	16	15.20	
MD24	11:33	32.9	65	6.44	34	17	13.20	Próx. Balsa, flutuantes e da margem; água marrom claro.
		32.9	63	6.35	34	17	12.90	
	11:35	32.5	65	6.30	34	17	13.0	
MD25	12:07	32.8	60	6.35	33	16	12.60	Próx. Flutuante e balsa; água marrom escuro.
		32.9	62	6.36	35	17	12.70	
	12:09	32.8	63	6.33	33	17	12.70	
MD26	11:56	32.3	60	6.25	27	13	11.30	Próx. Margem, flutuantes, embarcações, PM Tiradentes; água marrom claro.
		32.4	63	6.21	26	13	11.40	
	11:58	32.3	59	6.18	25	13	11.30	
MD27	12:11	32.4	70	6.34	26	13	11.70	Água marrom escuro; Rio Negro.
		32.7	65	6.27	26	13	11.30	
		32.7	64	6.19	24	12	11.30	
MD28	11:27	33.3	60	6.65	31	16	15.60	Próx. Margem e flutuantes; água marrom escuro
		33.4	59	6.45	30	15	15.70	
	11:30	33.3	60	6.39	30	15	15.50	
MD29	12:16	32.2	66	6.22	13	7	12.10	Próx. Posto de gasolina; água marrom escuro.
		32.4	65	6.03	13	7	12.00	
	12:20	32.4	70	6.06	13	7	12.10	

Fonte: Santos, Sayane (2021).

ANEXO A — Dados Coletados na Marina Do Davi 14 de dezembro de 2018

DADOS COLETADOS NA MARINA DO DAVI 14/12/18 – Sayane Santos (2018)

Nome	Latitude	Longitude	Hora	Temp Ar	SD-cm	NTU	pH	DO	CE	TDS	TA (°C)	Prof.	Observações
MD03	-03 03' 12,16440"	-60 06' 16,50240"	09:28	26,4	21	71	6,9	2	186	93	26,12	0,8	Rio correntoso, erosão nas margens, manchas de óleo.
MD04	-03 03' 05,44320"	-60 06' 18,74160"	09:44	26,3	44	16,1	6,7	1,5	127	63	27,3	2,3	Pr. Resíduos sólidos, odor desagradável.
MD04a	-03 03' 07,35379"	-60 06' 17,93136"	09:44	26,3	27	52	7,1	1,9	198	99	26,14	2,2	Pr. Vegetação nas proximidades, resíduos sólidos, odor desagradável.
MD05	-03 03' 06,27480"	-60 06' 20,37240"	09:50	27	52	14	6,7	0,7	96	48	28,04	0,7	Pr. Estaleiro, embarcações e prox. a margem
MD06	-03 03' 05,76360"	-60 06' 22,61880"	09:58	27,8	60	12	6,7	1,6	64	32	23,44	2,1	Pr. Manchas de óleo, presença de embarcações e flutuantes.
MD07	-03 03' 06,42600"	-60 06' 26,73000"	10:04	27,6	70	9,91	6,8	2	49	25	28,62	3	Pr. de embarcações, flutuantes, resíduos sólidos e manchas de óleo
MD08	-03 03' 08,09280"	-60 06' 26,80560"	10:09	27,4	64	10,8	6,7	1,8	62	31	28,5	2,9	Pr. de embarcações, estaleiros e manchas de óleo
MD09	-03 03' 05,46480"	-60 06' 28,93680"	10:16	27,6	68	10,8	6,6	2,3	41	21	28,68	3,3	Mov. De embarcações, manchas de óleo.
MD10	-03 03' 04,71960"	-60 06' 31,00320"	10:22	27,8	72	9,45	6,5	2,2	43	22	28,82	3,5	Mov. De embarcações e manchas de óleo.
MD11	-03 03' 09,59400"	-60 06' 30,62520"	08:48	27,6	41	23,4	6,6	1,4	31	26	28,5	0,9	Pr. Poucas manchas de óleo, voadeiras (20), área de embarque.
MD12	-03 03' 09,04408"	-60 06' 32,73723"	09:00	27,4	49	18,4	6,7	1,5	51	26	28,71	2,9	Pr. Poucas manchas de óleo, voadeiras (40),
MD13	-03 03' 06,24600"	-60 06' 33,60240"	09:05	27,3	48	18,6	6,6	1,5	56	28	28,69	4,1	Pr. de embarcações, flutuantes e manchas de óleo.
MD14	-03 03' 06,43680"	-60 06' 32,41440"	09:14	27	59	12,5	6,5	1,8	50	25	28,71	2,3	Mov. De embarcações, área exposta nas margens.
MD15	-03 03' 03,44520"	-60 06' 33,24960"	10:30	27,4	64	9,31	6,7	2,3	38	19	28,83	4,2	Mov. De embarcações.
MD16	-03 03' 01,09800"	-60 06' 30,97800"	10:36	26,6	73	9,38	6,5	2,1	34	17	28,83	4,4	Pr. De embarcações.
MD17	-03 02' 59,89920"	-60 06' 36,50760"	10:41	27,4	80	8,2	6,6	2,6	35	17	28,81	10	Pr. De embarcações.
MD18	-03 02' 57,58440"	-60 06' 32,53680"	10:47	27,3	78	9,17	6,5	2,2	37	19	28,87	4,6	Pr. De embarcações.
MD19	-03 02' 56,83920"	-60 06' 39,38760"	10:56	26,8	83	8,46	6,7	3,2	13	7	28,9	3,9	Pr. de embarcações, flutuantes, resíduos sólido. Prox. a margem.
MD20	-03 02' 54,87000"	-60 06' 32,63400"	11:02	28	69	9,27	6,8	2,4	29	15	28,89	4,6	Pr. Embarcações.
MD21	-03 02' 51,46440"	-60 06' 30,16080"	11:07	28,4	64	12	6,4	2,2	22	11	28,87	4,6	Pr. de embarcações, estaleiros e Mov. De embarcações.
MD22	-03 02' 53,90880"	-60 06' 37,28880"	11:14	28,1	80	7,38	6,3	3,2	17	9	28,89	10,4	Mov. De embarcações e poucas manchas de óleo.
MD23	-03 02' 53,57040"	-60 06' 42,19920"	11:19	27,4	88	6,33	6,2	3	17	8	28,89	7,2	Pr. de embarcações e flutuantes.
MD24	-03 02' 47,63760"	-60 06' 37,44360"	11:25	27,9	81	6,3	6,2	3,1	16	8	28,96	3,6	Pr. de Embarcações, flutuantes e manchas de óleo. Prox. A margem.
MD25	-03 02' 51,31680"	-60 06' 41,59800"	11:31	29,2	79	6,11	6,1	3	18	9	28,96	8,1	Mov. De embarcações.
MD26	-03 02' 52,65629"	-60 06' 48,13868"	11:43	28	79	6,24	6,3	3,3	14	7	28,93	3,5	Pr. de embarcações e flutuantes.
MD27	-03 02' 49,03080"	-60 06' 44,34840"	11:43	27,7	84	5,99	6	3,2	15	7	28,92	5,7	Mov. De embarcações.
MD28	-03 02' 45,34440"	-60 06' 42,41520"	11:48	27,7	86	5,59	6,2	3	16	8	28,95	2,9	Mov. De embarcações.
MD29	-03 02' 44,35440"	-60 06' 52,23960"	11:56	26,9	88	5,38	5,8	3,2	12	6	28,91	13	Pr. Posto de gasolina.
MD030	-03 03' 40,83120"	-60 05' 58,53840"	12:29	27,4	28	41,3	6,5	2,1	184	92	26,2	0,3	Construção sobre o Alphaville.

ANEXO B — Dados coletados na Marina do Davi em julho de 2016

DADOS COLETADOS NA MARINA DO DAVI EM JULHO DE 2016 – Lindemberg Maia (2016)

Ponto	Longitude	Latitude	Hora	Condição do Tempo	Temp Ar	Cor	SD-cm	TA (°C)	NTU	CE	pH	TDS	Observações
MD01	-3,056625	-60,10245	09:15	Nublado com chuvisco	27,9	Preta	81	29,6	5,39	44,1	5	22	Pr. Macrófitas e Res. Sólidos
MD02	-3,054663	-60,10404	09:20	Nublado	28,7	Preta	85	30	5,98	61,5	5,4	30,7	Pr. Macrófitas e Res. Sólidos
MD03	-3,053412	-60,10467	09:30	Parcialmente nublado	29	Preta	94	29,9	5,31	45,2	5,6	22,6	Pr. Macrófitas
MD04	-3,3861	-60,6193	09:35	Parcialmente nublado	29	Preta	96	29,9	4,6	30,5	5,7	15,2	Pr. Macrófitas
MD05	-3,052393	-60,10536	09:40	Parcialmente nublado	29,3	Preta	85	30	4,77	26,5	5,7	13,22	Pr. Macrófitas
MD06	-3,051744	-60,10635	09:50	Parcialmente nublado	30,2	Preta	98	30	4,35	23,5	5,8	11,75	Pr. Macrófitas
MD07	-3,051969	-60,10731	09:55	Parcialmente nublado	30,8	Preta	92	30	4,56	19,5	5,8	9,43	Pr. Macrófitas
MD08	-3,052789	-60,10733	10:05	Parcialmente nublado	31,3	Preta	100	29,9	4,61	20,7	5,7	10,36	Manchas de óleo e ocupação por moradias
MD09	-3,051711	-60,10798	10:10	Sol entre nuvens	31	Preta	94	30,1	4,31	15,2	5,7	7,61	Manchas de óleo
MD10	-3,051544	-60,10858	10:20	Parcialmente nublado	30,5	Preta	96	29,7	4,22	15,9	5,7	7,94	Manchas de óleo
MD11	-3,05275	-60,10851	10:25	Parcialmente nublado	30,5	Preta	89	29,8	5,69	17	5,7	8,52	Res. Sólidos
MD12	-3,052565	-60,10914	10:30	Parcialmente nublado	30,1	Preta	90	29,6	4,85	15	5,7	7,51	Res. Sólidos
MD13	-3,052304	-60,10953	10:35	Sol entre nuvens	30	Preta	93	29,7	3,99	14,7	5,7	7,37	Res. Sólidos
MD14	-3,051839	-60,10905	10:45	Sol entre nuvens	29,9	Preta	95	30	3,95	13,1	5,7	6,55	Res. Sólidos
MD15	-3,05096	-60,10967	10:50	Sol entre nuvens	29,3	Preta	101	29,7	4,26	11,3	5,7	5,63	Pr. Macrófitas
MD16	-3,050761	-60,10848	11:00	Sol entre nuvens	31,5	Preta	100	29,9	3,99	12,2	5,7	6,12	Mov. De embarcações
MD17	-3,050082	-60,11021	11:10	Sol entre nuvens	32,1	Preta	104	29,7	4,09	13,5	5,7	6,78	Mov. De embarcações
MD18	-3,049604	-60,109	11:15	Sol entre nuvens	31,4	Preta	106	30,5	4,05	12,1	5,7	6,6	Mov. De embarcações
MD19	-3,049185	-60,11093	11:20	Sol entre nuvens	31	Preta	101	30	3,78	12,9	5,7	4,46	Manchas de óleo, Presença de macrófitas e areia nas margens
MD20	-3,048206	-60,10942	11:30	Sol entre nuvens	30,4	Preta	100	30,4	3,98	12	5,7	5,96	Mov. De embarcações
MD21	-3,047553	-60,10825	11:35	Sol entre nuvens	30,7	Preta	105	30	4,72	11,8	5,7	5,96	Mov. De embarcações
MD22	-3,048149	-60,11052	11:40	Sol entre nuvens	29,4	Preta	107	30	3,98	13,1	5,7	5,88	Mov. De embarcações
MD23	-3,048454	-60,11172	11:45	Sol entre nuvens	29,3	Preta	108	30	3,94	9,49	5,6	6,54	Mov. De embarcações
MD24	-3,046561	-60,11026	11:50	Sol entre nuvens	29,7	Preta	105	30	4,18	10,9	5,6	4,74	05 moradias e Res. Sólidos
MD25	-3,047432	-60,11109	11:55	Sol entre nuvens	30,1	Preta	103	30,1	3,69	11,2	5,6	5,54	Mov. De embarcações e Manchas de óleo
MD26	-3,048208	-60,1128	12:00	Sol entre nuvens	30	Preta	100	30	3,81	10,8	5,5	5,59	02 moradias e Res. Sólidos
MD27	-3,047242	-60,11225	12:05	Sol entre nuvens	30,3	Preta	104	30,1	3,82	10,1	5,5	5,04	Mov. De embarcações
MD28	-3,046364	-60,1115	12:10	Sol entre nuvens	31	Preta	103	30	3,63	10,5	5,5	5,26	Mov. De embarcações
MD29	-3,045022	-60,11488	12:15	Sol entre nuvens	29,6	Preta	101	30	3,52	10,7	5,4	5,86	Mov. De embarcações
MD30	-3,061364	-60,0997	12:45	Esparso	31	Preta	109	30	29,3	209	5,7	104	Lixo nas margens e no corpo d'água, odor desagradável (5m por 70 cm de profundidade (canal))