

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE - CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA – PPGCASA**

JOSÉ ROSELITO CARMELO DA SILVA

**VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO NA ZONA DE
TRANSIÇÃO E EXPANSÃO URBANA DE MANAUS-AM**

**MANAUS – AMAZONAS
2024**

JOSÉ ROSELITO CARMELO DA SILVA

**VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO NA ZONA DE
TRANSIÇÃO E EXPANSÃO URBANA DE MANAUS-AM**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.

Área de concentração: Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (CASA)

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana Vizoni Scudeller

**MANAUS – AMAZONAS
2024**

Ficha Catalográfica

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

S586v Silva, José Roselito Carmelo da
Vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do
igarapé do Mariano na zona de transição e expansão urbana de
Manaus-AM / José Roselito Carmelo da Silva . 2024
285 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Veridiana Vizoni Scudeller
Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na
Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Igarapé. 2. Vulnerabilidades. 3. Potencialidades. 4. Amazonas.
5. Morfodinâmica. I. Scudeller, Veridiana Vizoni. II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

JOSÉ ROSELITO CARMELO DA SILVA

**VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO NA ZONA DE
TRANSIÇÃO E EXPANSÃO URBANA DE MANAUS-AM**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.

Área de Concentração em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (CASA).

Aprovada em 09 de julho de 2024.

BANCA AVALIADORES

Prof. Dra. Veridiana Vizoni Scudeller (orientadora)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Prof. Dr. Vicente de Paulo Santos de Oliveira
Instituto Federal Fluminense (IFF)

Prof. Dr. Carlossandro Carvalho de Albuquerque
Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Manaus

Prof. Dr. João D'Anúzio Menezes de Azevedo Filho
Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Parintins

Prof. Dr. Neliton Marques da Silva
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Prof. Dra. Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

DEDICO

*À minha cúmplice
Vera, pelo seu amor, companheirismo
incondicional, muita paciência,
tantas palavras e incentivos
em todos os momentos.*

*Aos meus filhos, Brener e primogênita Caroene, que
tanto incentivaram com ações e palavras para
que eu pudesse concluir essa tese.*

*Aos meus genitores Itala e Rosendo (in memoriam), por todo amor e dedicação
que tiveram e ainda reverbera em minha vida.*

*Aos primos que a Covid-19 levou, aos meus irmãos (in memoriam)
e aos que acompanharam minha trajetória
e angústia.*

*A todos que resolveram fazer uma imersão para desvendar um bocadinho desse
imenso ecossistema Amazônico, principalmente, os amazônidas, seja por meio do
conhecimento empírico ou por meio da ciência.*

Essa conquista, dedico a vocês!

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Veridiana Vizoni Scudeller, pela orientação, motivação e atenção ao longo dessa jornada que demandou mais de cinco anos forçados pela pandemia mundial. À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Centro de Ciência do Ambiente (CCA), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (PPGCASA) e aos professores pela qualificação a mim concedida. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) Campus Manaus Centro pelo afastamento integral para minha qualificação. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), no apoio financeiro aos trabalhos de campo e na publicação de artigo.

Ao setor de geoprocessamento da Secretaria Municipal de Educação (SEMED) na colaboração da produção dos mapas por meio dos profissionais em geotecnologia Charles e Gilmar que ajudaram na coleta de dados em campo (aerofotogrametria) com uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) e na elaboração das cartas temáticas.

À Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, pelo fornecimento das bases vetoriais, ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela base vetorial de referência e à Unidade Estadual no Amazonas pelos dados censitários e dados da Zona de Expansão Urbana de Manaus, ao Serviço Geológico do Brasil/CPRM Superintendência Regional de Manaus pelo fornecimento dos arquivos vetoriais da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão e da Zona de Baixa Ocupação da Cidade de Manaus e ao Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) pelo apoio e fornecimento de imagens georreferenciadas da cidade de Manaus.

A todos os colegas do programa de doutorado, principalmente, ao colega da turma e de trabalho no IFAM, professor Álefe, pelos palpites, correções e na colaboração da confecção dos gráficos. Ao professor Anglada por algumas orientações. Aos colegas de trabalho no IFAM, professora Talita e o professor Antônio Carlos, que assumiram minhas turmas durante o afastamento.

E finalmente, à minha amada esposa Vera, meus queridos filhos, Caroene e Brener, irmãos e irmãs, e, aos sobrinhos Roberto e Italo pela ajuda nos cálculos para confecção de tabelas.

Muito obrigado a todos!

*“Antes de despoluir o ambiente
precisamos despoluir nossas mentes”*

RESUMO

A tese em foco analisa as vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano na zona de transição e expansão urbana de Manaus-AM. De maneira geral, objetivou-se investigar o estado de vulnerabilidades e potencialidades da microbacia ocasionados pela pressão da expansão urbana da cidade. Especificamente, foram identificados os atributos naturais vegetação, solo, clima, hidrografia e o uso da terra; foram analisados os atributos naturais, considerando as intervenções, os problemas e implicações antrópicos na microbacia; posteriormente, foram correlacionadas as informações do ecossistema hidrográfico em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e, por fim, foi construída a Carta Síntese de Vulnerabilidades e Potencialidades da microbacia do igarapé do Mariano. O estudo está estruturado em quatro capítulos em que o primeiro aborda sobre o uso e ocupação do sítio urbano de Manaus determinado por dois momentos econômicos da exploração da borracha que ocasionaram mudanças no espaço urbano e a implantação da Zona Franca de Manaus que impulsionou um verdadeiro êxodo rural culminando com mais de 50% dos habitantes morando em favelas e as microbacias urbanas foram degradadas. O segundo capítulo versa sobre a pesquisa e planejamento em microbacia urbana e rural, sua importância como unidade de planejamento e gestão diante da degradação dos recursos hídricos. Apresenta um estudo sobre a microbacia e sua classificação. Aborda sobre as geotecnologias com a introdução da Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) na pesquisa e planejamento da bacia hidrográfica, tendo como suporte de estudo a ecodinâmica e morfodinâmica na identificação dos níveis de vulnerabilidades e potencialidades. O terceiro capítulo aborda sobre as formas de uso e ocupação da terra que vem se consolidando na microbacia do Mariano que se apresenta com baixa densidade demográfica. Apesar dos vetores da Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke e Tarumã/Ponta Negra na microbacia, as alterações antrópicas estão degradando a rede hidrográfica. Para análise mais detalhada, a microbacia foi mapeada e compartimentada em alto curso com acesso por meio da AM-010 (Manaus-Itacoatiara), médio curso com acesso pela BR-174 (Manaus-Roraima) e o baixo curso com acesso pela Avenida Cláudio Mesquita. Esses grandes eixos rodoviários facilitam e aceleram a ocupação sem planejamento. O quarto capítulo, por meio da Carta Síntese de Vulnerabilidades e Potencialidades, apresenta o cenário atual da microbacia ocasionado pela pressão da expansão urbana. Foi realizado um estudo nos anos de 2007, 2015 com ortofotos, e 2022 com imagem CBERS 04A com base em seis classes de uso e ocupação da terra apoiado em trabalho de campo com a aerofotogrametria realizada com ARP e dados morfográficos e morfométricos na identificação das potencialidades e vulnerabilidades. Os resultados mostraram que a microbacia apresenta 81,08% de potencialidades com predomínio florestal, 1,41% de áreas intermediárias em equilíbrio e 16,88% são áreas em vulnerabilidades. Conclui-se que o cenário de ocupação na microbacia do Mariano se repete ao mesmo modelo dos igarapés da área urbana de Manaus, sem planejamento e ausência do poder público, as transformações que infringem as leis ambientais deixam em vulnerabilidade o ecossistema hidrográfico e, em pouco tempo, tornar-se-á esgoto a céu aberto.

Palavras-chave: Igarapé; Vulnerabilidades; Potencialidades; Amazonas; Morfodinâmica.

ABSTRACT

This thesis analyzes the vulnerabilities and the potentialities of the Mariano creek watershed in the urban expansion and transition zone of Manaus-AM. In general, the aim was to investigate the state of vulnerabilities and potentialities of the watershed caused by the pressure of the city's urban expansion. Specifically, the natural attributes of vegetation, soil, climate, hydrography and land use were identified and analyzed taking into account anthropogenic interventions, implications and problems in the watershed; subsequently, the information on the hydrographic ecosystem was correlated in a Geographic Information System (GIS) and, finally, the Synthesis Chart of Vulnerabilities and Potentialities of the Mariano creek watershed was constructed. The study is structured in four chapters, the first of which deals with the use and occupation of the urban site of Manaus, determined by two economic moments: the exploitation of rubber, which led to changes in the urban space, and the establishment of the Manaus Free Trade Zone, which led to a true rural exodus, culminating in more than 50% of the inhabitants living in slums and the urban micro-basins being degraded. The second chapter deals with research and planning in urban and rural watersheds, their importance as a planning and management unit in the face of water resource degradation. It presents a study of the micro-watershed and its classification and discusses geotechnologies with the introduction of Remotely Piloted Aircraft (RPA) in watershed research and planning, using ecodynamics and morphodynamics as tools to identify levels of vulnerability and potentialities. The third chapter deals with the forms of land use and occupation that have been consolidated in the Mariano watershed, which has a low population density. Despite the vectors of the Adolpho Ducke Environmental Protection Area and Tarumã/Ponta Negra in the watershed, anthropogenic alterations are degrading the hydrographic network. For a more detailed analysis, the watershed was mapped and compartmentalized into the higher stream with access via the AM-010 (Manaus-Itacoatiara), the middle stream with access via the BR-174 (Manaus-Roraima) and the lower stream with access via Avenida Cláudio Mesquita. These major roads facilitate and accelerate occupation without proper planning. The fourth chapter presents the current scenario of the watershed caused by the pressure of urban expansion using the Synthesis Chart of Vulnerabilities and Potentialities. A study was carried out in 2007 and 2015 using orthophotos, and in 2022 with CBERS 04A imagery based on six classes of land use and occupation supported by fieldwork with aerophotogrammetry carried out with ARP and morphographic and morphometric data to identify potentialities and vulnerabilities. The results showed that the watershed has 81.08% potentiality with a predominance of forestry, 1.41% of intermediate areas that are in equilibrium and 16.88% of areas of vulnerability. The conclusion is that the occupation scenario in the Mariano micro-basin repeats the same model as the igarapés in the urban area of Manaus: with no planning and in the absence of public authorities, transformations that infringe environmental laws leave the hydrographic ecosystem vulnerable and likely to become an open sewer in the near future.

Keywords: Igarapé; Vulnerabilities; Potentialities; Amazonas; Morphodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Introdução

Figura 1-	Localização geográfica da Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano (MHIM) no município de Manaus.....	29
Figura 2-	ARPs de asa rotativa utilizadas nos voos na MHIM (A) 2022 e (B) 2023.....	36
Figura 3-	Janelas de voos elaboradas para realização de fotos aéreas e aerofotogrametria com ARP nos dias A/09, B/20 e C/24 de maio de 2022 na MHIM.....	37
Figura 4-	Fluxograma das etapas do mapeamento digital.....	47
Figura 5-	Fluxograma das etapas da ecodinâmica à elaboração da Carta Síntese de Vulnerabilidades e Potencialidades da MHIM.....	50

Capítulo 1

Figura 6-	Galerias subterrâneas construídas pelos ingleses canalizando os igarapés.....	62
Figura 7-	Bairros de Manaus existentes no Primeiro Ciclo da Borracha conforme visualizados na atual divisão administrativa.....	65
Figura 8-	Mapa das bacias hidrográficas da área urbana de Manaus com ênfase na bacia do São Raimundo e Educandos.....	74
Figura 9-	Crescimento percentual da populacional de Manaus entre os ciclos econômicos.....	80
Figura 10-	Ocupação irregular em área de encosta na margem do igarapé Cachoeira Grande no Bairro de São Geraldo.....	84
Figura 11-	Mapa atual da cidade de Manaus com as zonas urbanas, zonas de expansão urbana e bairros.....	91
Figura 12-	Mapa da configuração geográfica de Manaus mostrando a expansão urbana de acordo com os ciclos econômicos da borracha e ZFM.....	100
Figura 13-	Registros fotográficos dos igarapés no estado ambiental identificados por Zona Geográfica.....	102
Figura 14-	Ilustração da falta de equidade e os contrastes socioambientais no cenário do PIM na área urbana de Manaus.....	105

Capítulo 2

Figura 15-	Sequência temporal do igarapé entre 2006 e 2015 durante a obra de construção do Conjunto João Paulo II. Na foto de 2015 ao fundo um processo de invasão se consolidando.....	115
Figura 16-	Voçoroca no topo da área de encosta no Conjunto Nova Cidade na Zona Norte de Manaus. (A) Visão a partir da cabeceira da voçoroca no topo convexo da encosta, (B) visão aérea mostrando os processos erosivos.....	133
Figura 17-	(A) e (B) Retificação da calha do curso d'água por obra de engenharia no afluente do igarapé dos Franceses no Conjunto Santos Dumont (Zona Centro-Oeste) em anos diferentes. (C) Obra do Estado sobre a calha do igarapé do Franco (Zona Oeste) e (D) valor da construção da obra.....	136
Figura -18	Alto curso do igarapé do Mariano, (A) parte da rodovia AM-010 com residências próximas e (B) área mais a montante da rodovia com ramais e predominância da floresta natural na área de cabeceira..	144

Capítulo 3

Figura 19-	Mapa de Manaus com as Zonas Geográficas, as ZEUs, as APAs e a localização da MHIM.....	155
Figura 20-	Conjunto de edifícios de condomínio residenciais alinhados de frente para o Rio Negro no Bairro da Ponta Negra.....	159
Figura 21-	Mapa da rede hidrográfica da Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano com as divisões do curso e as principais vias de acesso..	163
Figura 22-	Mapa de identificação de alguns uso e ocupação da terra no alto curso com área acima de 1 ha.....	165
Figura 23-	Loteamento Paraíso dos Lagos localizado na área de cabeceira das principais nascentes do igarapé do Mariano.....	166
Figura 24-	Comunidade Bom Jesus localizada na margem direita da AM-010 na altura do km 25 sentido Manaus-Itacoatiara.....	168
Figura 25-	Mapa do médio curso da MHIM com os pontos de identificações de alguns uso e ocupação da terra sob influência de acesso da Rodovia AM-010 e BR-174.....	170
Figura 26-	Mapa do baixo curso da MHIM com os pontos de identificações de cinco formas de uso e ocupação da terra todos pela margem esquerda.....	175
Figura 27-	Baixo curso do Mariano mostrando as transformações na margem esquerda com a construção do Condomínio Vivenda do Pontal e os impactos ambientais nas antigas minas de areias.....	177
Figura 28-	Avenida Cláudio Mesquita, Ramal Sol Nascente e Ramal Novo Paraíso recebendo obras de pavimentação.....	179
Figura 29-	Mapa de localização dos pontos de intervenções na área de cabeceira e no curso do igarapé do Mariano.....	181
Figura 30-	Balneário do Restaurante da Keila localizado no km 30 pela margem direita da Rodovia AM-010 sentido Manaus-Itacoatiara. Intervenção no curso d'água de segunda ordem fluvial, próximo a cabeceira do igarapé do Mariano.....	182
Figura- 31	Balneário da Chácara Paraíso dos Lagos a jusante dos cursos de segunda ordem com as ações antrópicas que descaracterizaram a calha do sistema fluvial.....	185
Figura 32-	Balneário do Sindicato dos Metalúrgicos do Amazonas (Sindmetal-AM) localizado na margem direita do igarapé do Mariano com as alterações na área de encosta, na planície de inundação e no curso d'água.....	187
Figura 33-	Intervenções com barragem de terra para construção de ponte improvisada a jusante do balneário dos metalúrgicos próximo da Rodovia AM-010 na altura do km 26.....	190
Figura 34-	Ponte da Rodovia AM-010 sobre a seção transversal do igarapé do Mariano construída há mais de 50 anos em cenário ambiental de estabilidade.....	191
Figura 35-	Rodovia BR-174 (Manaus-Roraima) Km 6, seção transversal do curso do igarapé do Mariano e as alterações antrópicas.....	192
Figura 36-	Avenida Cláudio Mesquita no cruzamento da ponte sobre o igarapé do Mariano com a intervenção da ponte e os impactos ambientais negativos.....	195
Figura 37-	Intervenções com manilha (tubos de concretos em torno de 2 metros de diâmetro) sobre o Igarapé do Quarenta no Bairro Zumbi dos	

	Palmares na Zona Leste de Manaus.....	198
Figura 38-	Antiga ponte destruída no baixo curso do Mariano, usada para escoamento de areia explorada na margem direita da microbacia e os impactos ambientais negativos sobre a calha do curso d'água.....	200
Figura 39-	Foz da microbacia do Mariano e o contraste social no processo de uso e ocupação.....	203
Capítulo 4		
Figura 40-	Foto panorâmica em 90° (zênite) sobre o plano da fotografia pela linha vertical (ponto nadir) mostrando a intervenção no baixo curso do igarapé do Mariano com a construção da ponte com manilha de ferro.....	212
Figura 41-	Classificação hierárquica (ordenamento da drenagem) da MHIM.....	216
Figura 42-	Canal fluvial principal da MHIM estendendo-se no sentido Leste/Sudoeste com a zona principal de exfiltração mostrando as três sequências da hierarquia fluvial.....	217
Figura 43-	Mapa de distribuição das classes de declividade do relevo da MHIM.	219
Figura 44-	Perfil longitudinal ou índice de gradiente da MHIM indicando no ponto mais alto (130 m) a principal nascente e junto à foz a menor altitude (11 m) ao desaguar no rio Tarumã-Açu.....	222
Figura 45-	Mapa Hipsométrico (elevação) da MHIM.....	223
Figura 46-	Intervenções para construção de ponte com formação de queda d'água na saída do vertedor formando um ponto crítico (<i>knickpoint</i>) ocasionando erosão e aprofundamento no canal. (A) baixo curso, (B) médio curso e (C) alto curso.....	224
Figura 47-	Ortomosaico e o Modelo Digital de Superfície do baixo curso do Mariano com a foz desaguando no rio Tarumã-Açu no período de seca severa no Amazonas sob a atuação do El Niño em 2023.....	225
Figura 48-	Mapa de identificação das classes de uso e ocupação da terra da MHIM no ano de 2007.....	227
Figura 49-	Mapa de identificação das classes de uso e ocupação da terra da MHIM no ano de 2015.....	229
Figura 50-	Mapa de uso e ocupação da terra na MHIM no ano de 2022.....	233
Figura 51-	Gráfico da variação temporal de uso e ocupação da terra entre os anos de 2007, 2015 e 2022 na MHIM.....	241
Figura 52-	Fotos da foz do Mariano registradas em datas distintas em ângulo a partir do final do Ramal Novo Paraíso.....	245
Figura 53	Registro fotográfico no baixo curso mostrando placas dos órgãos ambientais, placas de vendas de terrenos e a identificação de resíduos na foz do Mariano no período da seca severa em 2023.....	248
Figura 54-	Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM.....	251
Figura 55-	Gráfico de percentuais das áreas de potencialidades e vulnerabilidades da MHIM.....	254

LISTA DE QUADROS

Introdução

Quadro 1-	Pontos de coletas de dados no trabalho de campo na MHIH do Mariano em 2022.....	35
Quadro 2-	Pontos de coletas de dados no trabalho de campo na MHIM em 2023.....	36
Quadro 3-	Principais padrões de drenagem.....	40
Quadro 4-	Resumo das UG com as características predominantes e processos geodinâmicos do terreno da zona de expansão urbana suscetível a erosão e da zona com baixa ocupação dentro do perímetro urbano de Manaus.....	41
Quadro 5-	Unidades Geotécnicas (UG) classificadas de acordo com a declividade e o índice de suscetibilidade a erosão.....	42
Quadro 6-	Classes de uso da terra conforme o Sistema Básico de Classificação da Cobertura e Uso da Terra (2013) e Malha de Setores Censitários Intermediária (2021)	47

Capítulo 1

Quadro 7-	Bairros de Manaus classificados por datas existentes antes do Primeiro Ciclo da Borracha.....	54
Quadro 8-	Bairros de Manaus classificados por data de criação durante o Primeiro Ciclo da Borracha.....	66
Quadro 9-	Bairros de Manaus classificados por data de criação que surgiram durante o marasmo econômico entre 1947 e 1964.....	72
Quadro 10-	Indicadores de saneamento em Manaus.....	92

Capítulo 4

Quadro 11-	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.....	221
Quadro 12-	Identificação de indicadores de cenário de potencialidades na MHIM.....	243
Quadro 13-	Identificação de indicadores de cenário de vulnerabilidades na MHIM.....	246

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1-	Crescimento populacional em Manaus durante os ciclos econômicos de acordo com o Censo Demográfico.....	79
Tabela 2-	Proporção da população do município de Manaus em relação ao Amazonas – 1960/2010.....	81

Capítulo 4

Tabela 3-	Variáveis e característica morfométricas e morfográficas encontradas na MHIM.....	213
Tabela 4-	Classe de relevo suscetível à erosão identificada por área e valor percentual encontrados na MHIM.....	220
Tabela 5-	Quantificação das classes de uso e ocupação da terra na MHIM para o ano de 2007.....	228
Tabela 6-	Dados comparativos por classe de uso e ocupação da terra de 2007 em relação a 2015 na MHIM.....	229
Tabela 7-	Dados comparativos por classe de uso e ocupação da terra de 2015 em relação a 2022 na MHIM.....	234
Tabela 8-	Escala síntese do grau de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM.....	252

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Áreas de Preservação Permanente
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
BCB	Banco de Crédito da Borracha
BHT	Bacia Hidrográfica do Tarumã
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
COHAB-AM	Companhia Habitacional do Amazonas
CPTEC/INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
DI	Distrito Industrial
DPA	Divisão Político-Administrativa Brasileira
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FAPEAM	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
IPT/SGB	Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Serviço Geológico do Brasil
JC	Jornal do Comércio
LI	Licença de Instalação
LNE	Leste-nordeste
LSE	Leste-sudeste
MDS	Modelo Digital de Superfície
MHIM	Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano
MPF	Ministério Público Federal
NE	Nordeste
NNO	Norte-noroeste
NO	Noroeste
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSO	Oeste-sudoeste
PCE	Programa Ciência na Escola
PIM	Polo Industrial de Manaus
PDUAMM	Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus de
PIN	Programa de Integração Nacional
PNPSA	Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RFAD	Reserva Florestal Adolpho Ducke
SEINFRA	Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus
SEMED	Secretaria Municipal de Educação
SEMMAS	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade

SEMULSP	Secretaria Municipal de Limpeza Pública
SGB/CPRM	Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SO	Sudoeste
SPVEA	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SUDHEVEA	Superintendência do Desenvolvimento da Borracha
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
SUHAB	Superintendência Estadual de Habitação
SSO	Sul-sudoeste
SSE	Sul-sudeste
UG	Unidades Geotécnicas
VANT	Veículo Aéreo Não Pilotado
ZEU	Zona de Expansão Urbana
ZFM	Zona Franca de Manaus
ZT	Zona de Transição

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 MÉTODO E PROCEDIMENTOS.....	29
1.1.1 Localização da área de estudo.....	29
1.1.2 Metodologia e procedimentos.....	31
CAPÍTULO 1–OS CICLOS ECONÔMICOS DA BORRACHA E A ZONA FRANCA DE MANAUS: EXPANSÃO URBANA E DEGRADAÇÃO DAS MICROBACIAS.....	51
1.1 OS PERÍODOS DE EXPLORAÇÃO DA BORRACHA.....	53
1.1.1 O primeiro Ciclo da Borracha.....	53
1.1.2 O Segundo Ciclo da Borracha.....	67
1.2 ZONA FRANCA DE MANAUS, EXPANSÃO URBANA, OCUPAÇÕES IRREGULARES E A QUALIDADE AMBIENTAL DAS MICROBACIAS.....	76
1.2.1 Expansão urbana na Zona Franca de Manaus.....	76
1.2.2 Ocupações irregulares e a qualidade ambiental das microbacias.....	93
CAPÍTULO 2 – PESQUISA E PLANEJAMENTO EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA NA INTERFACE URBANA E RURAL.....	109
2.1 BACIA HIDROGRÁFICA E QUALIDADE DE GESTÃO NO BRASIL.....	109
2.1.1 Microbacia e parâmetro de classificação.....	117
2.2 AS GEOTECNOLOGIAS NA PESQUISA DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO.....	121
2.2.1 Geotecnologia na pesquisa e planejamento da bacia hidrográfica na dimensão urbana e rural.....	121
2.2.2 Abordagem sistêmica, ecodinâmica e morfodinâmica no contexto de microbacias.....	126
2.3 ANÁLISE DE VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES.....	129
2.3.1 Vulnerabilidades em sistema ambiental de bacia hidrográfica.....	130
2.3.2 Potencialidades em sistema ambiental de bacia hidrográfica.....	139
CAPÍTULO 3 – A MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO: USO E OCUPAÇÃO.....	151
3.1 USO DA TERRA.....	152
3.1.1 Ocupação e múltiplo uso da terra.....	152
3.2 AÇÃO DO PODER PÚBLICO.....	154

3.2.1 Área de transição e zona de expansão urbana.....	154
3.2.2 APA Adolpho Ducke e APA Tarumã/Ponta Negra.....	155
3.3 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DA MHIM.....	160
3.3.1 Contexto físico natural.....	160
3.3.2 Alto curso e área da cabeceira.....	163
3.3.3 Médio curso.....	170
3.3.4 Baixo curso.....	175
3.3.5 Aspecto ambiental da calha do igarapé do Mariano.....	180
CAPÍTULO 4 – CARTA SÍNTESE DE VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO.....	209
4.1 DADOS MORFOGRÁFICOS E MORFOMÉTRICOS.....	210
4.2 DADOS CARTOGRÁFICOS.....	211
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	213
4.3.1 Variáveis morfométricas e morfográficas da MHIM.....	213
4.3.1.1 Área e perímetro.....	214
4.3.1.2 Padrão de drenagem.....	214
4.3.1.3 Ordenamento da drenagem (hierarquia fluvial).....	215
4.3.1.4 Comprimento do canal principal.....	216
4.3.1.5 Declividade predominante do relevo.....	219
4.3.1.6 Altitude máxima, altitude mínima, amplitude altimétrica, relação de relevo/declividade total.....	222
4.3.2 Transformação espacial da microbacia.....	226
4.3.2.1 Análise temporal do uso múltiplo da terra entre 2007, 2015 e 2022.....	226
4.3.2.2 Uso e ocupação da terra no ano de 2007.....	226
4.3.2.3 Uso e ocupação da terra no ano de 2015.....	228
4.3.2.4 Uso e ocupação da terra no ano de 2022.....	233
4.3.3 Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM.....	249
CONCLUSÃO E SUGESTÕES.....	257
REFERÊNCIAS.....	262

1 INTRODUÇÃO

Final do século passado e início deste, há de se considerar, de forma perceptível, o incremento de estudos relacionados aos recursos hídricos enfocando a bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo, com destaque a gestão dos recursos hídricos e ao planejamento ambiental (Marchesan e Funez, 2017). Isso decorre devido às atividades humanas na exploração desse bem natural com o pretexto de atender o desenvolvimento econômico e as demandas do crescimento populacional.

No caso brasileiro, há considerável abundância de água com um aporte de 12% da disponibilidade no mundo. Silva e Cavalcante (2016, p. 25) afirmam que “[...] em média, o país é abundante em quantidade de águas superficiais, chegando a valores médios de precipitação anuais de 2.205 mm na Amazônia e 3.400 mm nas nascentes do rio Negro e no Amapá, ficando bem acima da média nacional que é de 1.797 mm”. Entretanto, é um recurso mal distribuído pelo território como no sertão nordestino que apresenta incidências de secas prolongadas com considerável redução do volume de chuva.

Nem todos são devidamente abastecidos com água de boa qualidade, segundo Franken e Vital (2016, p. 15): “É necessário que ela esteja apropriada para o consumo humano, vida aquática, lazer, produção de alimento [...]”.

A situação se agrava com a degradação do meio ambiente com reflexos comprometedores diretos na qualidade da água e, conseqüentemente, na vida da população. São perceptíveis as alterações sobre os recursos hídricos com alterações na qualidade da água, dos ambientes lacustres, marinhos e fluviais (Mendonça, 2014).

É comum encontrar no interior das cidades brasileiras bacias hidrográficas em elevado grau de degradação, contradizendo a Declaração Universal dos Direitos da Água, em que ela não deve ser poluída, desperdiçada e contaminada:

Art. 7º - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis (Biblioteca Virtual de Direitos Humanos, 2020).

Medidas protetivas não faltam no Brasil, pois, segundo Sanches (2014), em termos de legislação ambiental, o país está bem assistido quanto ao estabelecimento de espaço de proteção como as Áreas de Preservação Permanente (APP) que protegem os cursos

d'água. Medidas como essas vem reforçadas no novo código florestal brasileiro correspondente à vegetação ciliar de qualquer curso d'água natural (Alencar, 2015).

No entanto, devido à debilidade de gestão pública, revelam-se áreas frágeis e, mediante o uso e ocupação da terra, frequentemente são desrespeitadas, invadidas e degradadas por completo. É muito comum ocupações em APPs por favelas e outras comunidades urbanas.

Essas ações comprometem a dinâmica dos ecossistemas hidrográficos, ocasionando o assoreamento do leito, devido aos processos erosivos das áreas desprotegidas que passam a liberar considerável volume de solo para o interior do canal.

Nesse contexto, as bacias hidrográficas nas cidades brasileiras, quando discutidas a partir de um modelo de gestão, não se tem muito que exemplificar. As fontes de conflitos e de interesses são divergentes e permanentes entre os múltiplos usuários, e os recursos hídricos vem perdendo sua qualidade ambiental e não correspondem ao desenvolvimento sustentável.

Em se tratando da cidade de Manaus, as microbacias urbanas seguem o mesmo modelo de outras cidades brasileiras, que tratam esses espaços sempre em segundo plano tentando controlá-los com ações superficiais, apresentam elevados graus de degradações servindo como depósitos de resíduos onde se constatam, nas calhas dos igarapés, descartes sólidos provenientes da população em geral e despejos líquidos de esgotos domésticos, comerciais e industriais.

É essencial a implementação de plano de gestão, pois, como bem enfoca a Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, no inciso V do art. 1º, a qual afirma que a bacia hidrográfica é uma parcela territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e reforça, no inciso VI, que deve ter o envolvimento não só do poder público, mas dos usuários e da comunidade em geral (Brasil, 1997).

Seguindo as diretrizes da legislação nacional de forma descentralizada, está descrito na Lei nº 3.167, de 28 de agosto de 2007, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, em seu art. 1º inciso V, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; no inciso VI diz que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da sociedade civil (Amazonas, 2007).

Nesse plano de gestão das bacias hidrográficas, seja ele em nível local ou regional, todos os entes, não apenas os rios, igarapés, mas também os elementos da paisagem física e social, devem estar envolvidos no planejamento, conservação e possibilidade de usos múltiplos das águas.

Ainda que se disponha de leis suficientes no Brasil para impor condutas adequadas para que não se degrade um bem natural de vital importância à vida do ser humano, diante do cenário de degradação que vai além do espaço local, é um assunto que está longe de se esgotar no seu debate e, por conta disso, justificamos a pesquisa “Vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano na zona de transição e expansão urbana de Manaus-AM”.

Como objeto de estudo, é preciso entender que essa microbacia não é só uma materialidade física, mas é também um elemento com componentes socialmente construídos num campo de tomada de decisões econômicas com atuação política e de partilha de responsabilidade.

Nesse sentido, a abordagem que se trata aqui no campo da vulnerabilidade é realizar um estudo na microbacia do Mariano com análise sobre as mudanças ocorridas ocasionada pela ação antrópica em que,

Certas alterações resultantes das formas de uso e ocupação podem depreciar a qualidade do ambiente com a perda dos atributos essenciais do solo e da fauna e flora da região, destaque para a destruição da mata ciliar, mudanças de cunho hidrológico e biológico da bacia hidrográfica, além de gerar sérios conflitos pelo uso da água podendo até se expandir de uma escala local para a global (Santiago, 2019, p. 18).

O outro campo da abordagem identificado pela potencialidade está estabelecido na forma de relação entre os entes que compõe determinado ecossistema e sua resistência frente às perturbações sem perder sua funcionalidade e conexão com as outras partes.

No ecossistema hidrográfico, a vegetação desempenha o papel de proteção do solo contra os impactos advindo da chuva, e suas raízes ajudam a manter a coesão da terra frente à força da enxurrada que pode desenvolver processos erosivos com carreamento dos substratos para o interior do canal e este poderá ser assoreado.

A potencialidade, portanto, são as condições dos fatores ambientais de manter a proteção e o equilíbrio diante das mudanças e é um atributo de grande importância ao planejamento ambiental (Brasil, 2006). Para Pfaltzgraff (2010), potencialidade é o

aproveitamento adequado de determinado recurso do meio físico e que deve ser levado em conta no planejamento.

A parte teórica que retrata a atual situação em que se encontra a área da pesquisa remete aos registros históricos do estado do Amazonas nos ciclos econômicos da extração do látex da seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.) com demanda de exportação para o comércio internacional entre 1889 e 1945.

Esse acontecimento projetou em destaque mundial a cidade de Manaus que, pelo fervor da época final do século XIX e início do século XX, passou por mudanças com fortes reflexos arquitetônicos europeus nas construções de alguns prédios, ruas, pontes e aterramento de igarapés, na área central (hoje centro histórico).

Porém, não foi capaz de alavancar de forma contínua e intensa um fluxo migratório com força de interferência no aspecto socioambiental e de expansão do sítio urbano da capital.

Ab'Sáber (2004), esclarece que, devido a cidade de Manaus ter entrado num período de decadência do extrativismo da borracha, perdeu a força motriz na sua área de influência comercial e desenvolvimento urbano, tornou-se incapaz de atrair a força de trabalho que se encontrava dispersa nos conjuntos dos rios e terras florestadas da Amazônia.

No entanto, a implantação da Zona Franca de Manaus (ZFM) em 1967 e a consolidação do Polo Industrial a partir da década de 1970, ocasionou, conseqüentemente, um crescimento populacional muito rápido (Silva, 2016). O que se verifica, no presente, é um cenário de mudança na expansão da capital e intensa degradação sobre as pequenas bacias hidrográficas presente no interior do espaço urbano de Manaus.

O processo radical de mudança na estrutura socioespacial da capital, apesar de ter iniciado há mais de seis décadas, é permanente, como explica Costa (2015):

Um dos fatores que ainda impactam a atual formação socioespacial de Manaus foi a implantação da Zona Franca, projeto instituído em 1967 [...] que resultou em um rápido processo de crescimento demográfico na cidade e sem implantação de infraestrutura por parte do poder público (Costa, 2015, p. 79).

A implantação da Zona Franca impulsionou, consideravelmente, um intenso fluxo migratório de pessoas que se converteu em expressiva taxa de urbanização para a cidade, “[...] com o advento da ZFM, a demografia teve um crescimento vertiginoso,

saindo de 140 mil em 1950 para mais de 2,1 milhões de habitantes em 2018” (Lins Neto *et al.*, 2019, p. 121).

A cidade se tornou área de atração pelas ofertas de inúmeros serviços como empregos nos setores secundário e terciário, promovidos pelo comércio de produtos eletroeletrônicos, resultando em pressão permanente sobre os recursos hídricos de uma cidade que tem como paisagem natural uma rica malha de dezenas de cursos d’água que modela o relevo e que se interligam provenientes de várias direções.

O crescimento populacional, em sua maioria de habitantes sem recurso financeiro para comprar ou construir suas casas em lugares adequados ou pelo grande descompasso entre procura e oferta, gerou uma pressão sobre o estado e a paisagem natural.

Com a falta de políticas públicas, o estado não teve capacidade (ou não se preocupou) de alojar essa massa que avançou e se apropriou dos canais hidrográficos de primeira, segunda, terceira e quarta ordem, e, de forma considerável, alterou toda a estrutura biofísica. Esse cenário comprometeu a qualidade social dos habitantes e a degradação das microbacias urbanas.

Sobre essa situação de degradação da qualidade da água dos igarapés de Manaus, Pascoaloto e Soares (2016) afirmam que as ações antrópicas perpetradas na cidade modificaram a característica de alguns igarapés que deságuam no rio Negro. Apesar de sua importância como fonte de vida, os igarapés foram e continuam poluídos pelos descartes de resíduos sólidos e contaminados pelos efluentes.

Para o papel do estado como agente fiscalizador e educador e para a população que deve não só exigir, mas também cumprir seus deveres, é uma situação contraditória no que diz o artigo 225 da Constituição Federal de 1988:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

Atualmente, cursos d’água de projeções como o igarapé Míndu e o igarapé do Quarenta, que, respectivamente, são canais principais da bacia do São Raimundo e do Educandos, por se encontrarem totalmente no sítio urbano da cidade de Manaus em áreas densamente povoadas, são os mais degradados. As águas desses corpos hídricos estão contaminadas, poluídas além de fétidas, e representam um cenário ambiental deletério de proporções no espaço da capital do Estado do Amazonas.

Dessa forma, devido à expansão urbana que avança sobre a Microbacia do Mariano e tem acelerado seu uso e ocupação, são elaborados os seguintes questionamentos: quais as formas de uso e ocupação da terra estão deixando em estado de vulnerabilidade a microbacia hidrográfica? Entre o cenário urbano/rural, quais áreas têm potencialidade para manter a qualidade ambiental (ou serviços ecossistêmicos) do ecossistema hidrográfico?

A motivação que levaram a seguir no caminho dessa pesquisa tem por base três pontos importantes:

1) a pressão da expansão urbana sobre a microbacia que se encontra em estado de vulnerabilidade e sem planejamento de ocupação devido à fraca presença do poder público. A força demográfica e econômica sobre Manaus devido ao atual modelo de industrialização gerando degradação e pressões sobre os ecossistemas (Giattiet *al.*, 2015).

2) a dissertação de mestrado do autor foi na microbacia do Mariano sobre a análise dos impactos ambientais ocasionados pela exploração de areia entre 2003-2005. O estudo revelou a falta de cumprimento da legislação ambiental, por parte dos mineradores, ocasionada pela ineficácia de fiscalização dos órgãos competentes resultando em danos ambientais gravíssimos, como a degradação da microbacia pela falta de recuperação ou reabilitação e assoreamentos em diversos pontos do igarapé e esse cenário não sofreu alterações até os dias de hoje.

Nesse sentido, torna-se relevante aprofundar os estudos de forma mais abrangente para se constatar a vulnerabilidade e potencialidade ambiental na microbacia, objetivando colaborar para um plano de gestão sustentável.

3) os cursos d'água conduz à memória de um tempo em que, durante a década de 1970 e início de 1980, os igarapés da área urbana eram fonte de lazer. Na infância, o autor frequentava com a família, em alguns finais de semanas, o balneário do Parque Dez (igarapé do Mindu) e, na adolescência na Ponte da Bolívia, tomava banho com os amigos.

Atualmente, encontram-se impróprios para balneabilidade. Nascimento (2013, p. 31) assim se expressa “[...] muitos igarapés, como o igarapé do Mindu, cachoeira do Tarumã, ponte da Bolívia [...] e o famoso balneário do Parque Dez de Novembro (muitos já extintos) eram recantos onde o povo costumava visitar”.

Menezes (2017) comenta que, devido às ocupações sem planejamento, os igarapés da capital estão poluídos e não lembram mais locais de balneabilidade onde os

manauaras frequentavam há um tempo como o da Bolívia que hoje tem alto índice de poluição.

Diante do cenário descrito sobre a degradação das microbacias no sítio urbano de Manaus, surgem várias especulações ou suposições que podem ser admissíveis ou não, para entender a forma que tem levado a apropriação dos recursos naturais como a água de vital importância para o ser humano, mas não se tem visto o devido cuidado com esse bem natural.

Assim, algumas hipóteses foram levantadas para a realização da pesquisa na microbacia do Mariano. Segundo Lakatos e Marconi (2011, p. 137) a hipótese é “[...] uma suposta, provável e provisória resposta a um problema”, e para Freixo (2012, p. 192-193) “[...] constituem um elemento útil para justificar o estudo e garantir-lhe uma orientação”.

Nesse sentido, com vista às questões norteadoras que orientaram na busca da comprovação dos fatos da pesquisa, foram consideradas as seguintes hipóteses:

a) A ocupação que se processa sobre o espaço da microbacia do Mariano pode causar impactos com consequências de maior vulnerabilidade e comprometimento das suas áreas de potencialidades e;

b) A rede de drenagem e os mananciais que compõe o igarapé do Mariano ficarão todos comprometidos se não houver atuação do poder público no planejamento e na mediação dos conflitos de interesse.

A possibilidade de continuidade com a expansão urbana sobre a área de estudo tem o forte reflexo com que o que aconteceu com as microbacias existentes na cidade de Manaus, principalmente, a partir de 1967, em que se apresenta acelerado e elevado estado de degradação incompatível ao desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, de acordo com o campo de abordagem da pesquisa, objetivou-se de maneira geral, investigar o estado de vulnerabilidades e potencialidades da microbacia do igarapé do Mariano ocasionado pela pressão da expansão urbana da cidade. Visando o aprofundamento do estudo na abordagem mais específica, foram elencados os seguintes procedimentos:

a) Identificar os atributos naturais vegetação, solo, clima, hidrografia e o uso da terra;

b) Analisar os atributos naturais, considerando as intervenções, os problemas e implicações antrópicos na microbacia;

c) Correlacionar às informações do ecossistema hidrográfico em um ambiente SIG e;

d) Construir a Carta Síntese de Vulnerabilidades e Potencialidades da microbacia do igarapé do Mariano.

Como forma de apresentação textual, a tese está estruturada além da introdução com quatro capítulos, em seguida, a seção conclusiva finaliza com algumas sugestões com vista a contribuir no planejamento e gestão que possa estar alinhado ao desenvolvimento sustentável.

O primeiro capítulo com a temática - Os ciclos econômicos da borracha e a Zona Franca de Manaus: expansão urbana e degradação das microbacias (Silva, J. R. C.; Scudeller, V. V. Os ciclos econômicos da borracha e a Zona Franca de Manaus: expansão urbana e degradação das microbacias. *Research, Society and Development*. V. 11, n. 6, e 33611629103, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29103>), apresenta um diálogo aprofundado sobre esses momentos econômicos que alavancaram o movimento populacional para a cidade, ocasionando mudanças do espaço urbano com reflexos negativos sobre a estrutura socioambiental com elevado número de favelados e a degradação das microbacias.

Foi considerado como parâmetro inicial de tempo o ano de 1848 em que a Vila de Manaós é elevada à categoria de cidade com o nome de Barra do Rio Negro. Com a emancipação, Manaus organiza sua estrutura administrativa e judiciária. Esse momento vai combinar com o acontecimento que promoveu o primeiro Ciclo da Borracha na Amazônia a Revolução Industrial na Inglaterra e isso refletiu imediatamente em sua expansão urbana e o movimento populacional.

O segundo capítulo - Pesquisa e planejamento em microbacia hidrográfica na interface urbana e rural permite traçar uma narrativa sobre bacia hidrográfica, funcionamento da rede de drenagem como modelador da paisagem, o seu dinamismo de erosão, transporte e deposição, sua importância como unidade de planejamento e gestão frente à degradação dos recursos hídricos. Aborda uma discussão mais aprofundada sobre a microbacia e os seus parâmetros de classificação.

Além disso, analisa a importância das geotecnologias na pesquisa e planejamento da bacia hidrográfica como forte aliadas da pesquisa ambiental e enfatiza o uso da Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) com resultados rápidos no imageamento do relevo. Aborda o conceito de ecodinâmica e morfodinâmica integrado ao ecossistema, focando nos níveis das vulnerabilidades e potencialidades.

O terceiro capítulo - A microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano: uso e ocupação (Silva, J. R. C. da, Araújo, C. S. de, & Scudeller, V. V. (2024). Use and Occupation of the Hydrographic Micro-Basin of Igarapé do Mariano in the Municipality of Manaus-Amazonas. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18(8), e05284. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-092>) ressalta o entendimento sobre o processo de apropriação que se consolida atualmente.

Em termos físicos, apresenta característica homogênea com baixa densidade demográfica com diferentes interesses e atores sociais. Traz uma narrativa sobre a presença do poder público com a área de transição, zona de expansão urbana da capital e os dois vetores de proteção ambiental: as Áreas de Proteção Ambiental APA Adolpho Ducke e APA Tarumã/Ponta Negra.

Apresenta as características fisiográficas da paisagem e para discutir de forma detalhada as alterações antrópicas na dimensão quali-quantitativa, a área espacial da microbacia foi compartimentada de forma cartográfica em alto, médio e baixo curso. Dialoga sobre a facilidade de acesso com ênfase sobre a rodovia AM-010 (Manaus-Itacoatiara) no alto curso, a BR-174 (Manaus-Roraima) no médio curso e a Avenida Cláudio Mesquita (asfaltada em 2023) no baixo curso.

O quarto capítulo - Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano - analisa os efeitos da pressão urbana sobre a microbacia nos últimos 15 anos, estudando seis classes de uso e ocupação da terra utilizando-se as ortofotos do ano de 2007 e 2015 da Prefeitura de Manaus e imagem do satélite *China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS 04A)* de 2022. Na análise temporal, são trabalhadas variáveis que expressam os aspectos morfográficos e morfométricos (quali-quantitativo) dos diferentes compartimentos da paisagem geográfica que servem como parâmetros para indicar potencialidades ou vulnerabilidades.

Mostra eficiência do uso da geotecnologia da ARP que, com voos fotogramétricos em baixa altitude, ângulos específicos e riqueza de detalhes, permitiu realizar com confiabilidade, interpretações e mensurações atuais sobre os objetos físicos da área de estudo. O uso dessa tecnologia complementou as informações das imagens de satélites e foram fundamentais para a produção final da carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades.

Dessa forma, diante da natureza sistêmica do espaço intrinsecamente estão a ecodinâmica e a morfodinâmica envolvidas na relação socioambiental sobre a forma de

uso e ocupação da terra, materializada de acordo com os diferentes interesses e poderes econômicos.

Embasado nesse entendimento a partir das análises sobre as vulnerabilidades e potencialidades, espera-se contribuir com a pesquisa para uma política de planejamento sobre o território, seja da microbacia do Mariano ou de outros espaços geográficos. Afinal, a microbacia do Mariano se encontra em um momento único e importantíssimo de que o poder público ainda tem a oportunidade de planejar a expansão da cidade sem destruir todas as potencialidades desse espaço, conciliando as demandas sociais com as ambientais, num momento de crise climática e de repensar os modelos de gestão das cidades. Manaus tem a oportunidade de usufruir desta tese e repensar o uso e ocupação da microbacia.

Ressalta-se, diante do que foi posto, que o planejamento estabelecido a partir do projeto de pesquisa para o desenvolvimento do estudo em tela, registrado nos objetivos, nos procedimentos metodológicos e guiado pelo cronograma, tiveram que ser modificados ou adaptados devido à pandemia que eclodiu no final de 2019.

Com a disseminação avassaladora do novo vírus no planeta, fomos obrigados a seguir os protocolos orientados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para tentar evitar a contaminação. Foi preciso seguir as regras do isolamento social em domicílios para preservação da vida, como no caso deste pesquisador enquadrado no grupo de risco com maior potencial de ser contaminado.

O prazo de quatro anos para conclusão da tese (2019-2023) foi comprometido de forma alheia à vontade do pesquisador diante do cenário mundial sem precedente da pandemia da COVID 19. Com a paralisação mundial e o isolamento social nos anos de 2020 e 2021 (período do trabalho de campo e laboratório onde exigia parcerias e aglomeração de pessoas), foram retomados em 2022, 2023 e parte do primeiro semestre de 2024 para os levantamentos, análises, discussões dos dados e defesa da tese.

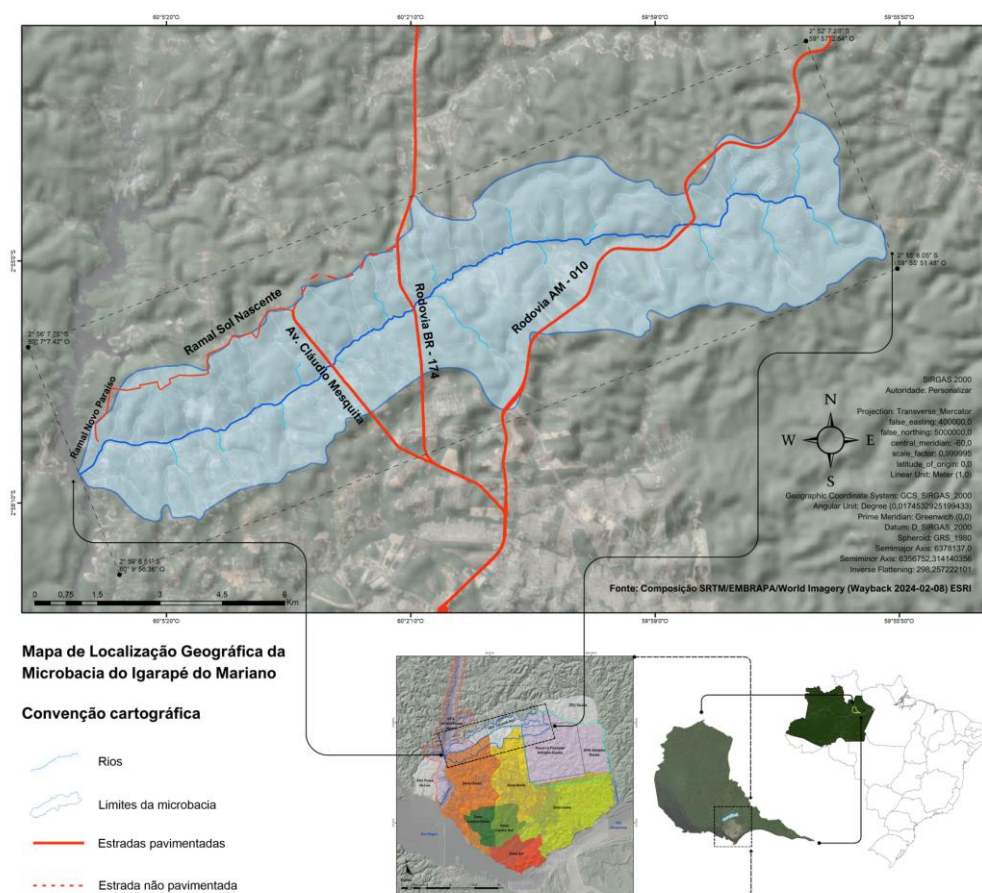
Enfim, para transpor às barreiras das dificuldades que privou em grande parte deixando suprimido o tempo para a condução e término da pesquisa, as mudanças foram necessárias de forma que atendessem dentro do possível os prazos prorrogados pelo programa. Pode não ter sido o que foi planejado em sua totalidade, mas os esforços foram envidados para manter a qualidade do estudo diante da peculiaridade onde a microbacia está localizada.

1.1 MÉTODO E PROCEDIMENTOS

1.1.1 Localização da área de estudo

A Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano (MHIM) está situada na porção Norte da cidade de Manaus, no quadrante de Coordenadas Geográficas 2°54'S e 3°00'S, 59°50'W e 60°10'W, e ocupa uma área aproximada de 70,123 km² (Figura 1).

Figura 1- Localização geográfica da Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano (MHIM) no município de Manaus.



O Igarapé do Mariano é um dos tributários pela margem esquerda da mais expressiva zona de captação hidrográfica no Município de Manaus, o rio Tarumã-Açu que desagua na margem esquerda do rio Negro e esse se avoluma em um grande caudal, desagua também pela margem esquerda no rio Solimões/Amazonas para formar o mais rico e o maior complexo sistema hidrográfico da terra.

A sua área espacial apresenta um quadro de peculiaridade quando comparada às demais bacias da área urbana, apesar de ser zona de transição da área urbana para a

rural, ainda há predominância da presença da Floresta Equatorial Latifoliada, com o uso e ocupação da terra voltada as atividades primárias.

No entanto, devido à frente de expansão urbana da cidade de Manaus seguir em direção a sua localização geográfica, onde já ocorreram ameaças de invasões, minas de exploração de areia desde o alto até o baixo curso abandonadas sem recuperação e intervenções com obras públicas e privadas na calha do igarapé estrangulando a passagem da água, é atualmente uma microbacia fortemente ameaçada e vulnerável a degradação.

A margem esquerda da microbacia já faz parte das divisões administrativas urbana da cidade. Uma parcela do alto curso já está na Zona Norte e outra do médio e baixo curso está incluída na Zona Oeste, respectivamente fazem parte do bairro Lago Azul e o bairro do Tarumã-Açu. São áreas consolidadas sem planejamento urbano adequado e, apesar de existirem alguns conjuntos residenciais, a maioria das habitações são constituídas por favelas desassistidas de infraestruturas de serviços públicos.

No alto curso próximo à cabeceira, uma extensa faixa de floresta primária cobre parte da margem esquerda mantendo abastecida a zona de exfiltração principal formadora do igarapé do Mariano. Essa área florestada protegida faz parte do imenso e rico território da Reserva de floresta natural Adolpho Ducke. Porém, o estudo mostrou que já existem uso e ocupação sobre esse poligonal de proteção (mais detalhes no capítulo 4 desta tese).

Na margem direita, prevalece o domínio de áreas florestadas com atividades primárias, porém chama atenção na cabeceira onde estão localizadas mais três nascentes que dão início à rede hidrográfica, um loteamento licenciado pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) com passivos ambientais.

O loteamento vem se concretizando desde 2019, extrapolou a área licenciada, suprimiu a vegetação ciliar, construiu uma barragem na confluência de dois afluentes que formam o curso principal, estrangulou a vazão criando um lago artificial a montante (mais detalhes no capítulo 3 desta tese). Apesar do IPAAM ter fiscalizado, aplicado os autos de infrações e o Ministério Público em 2022 ter entrado com uma Ação Civil Pública com pedido de Tutela de Urgência, o empreendimento não parou.

Atualmente, no processo de expansão da cidade três vias dão acesso com maior facilidade ao interior da microbacia: A rodovia AM-010 (Manaus-Itacoatiara) parte do médio curso e alto curso, BR-174 (Manaus-Roraima) no médio curso e a Avenida Cláudio Mesquita no baixo curso, totalmente pavimentada assim como outros ramais,

no ano de 2023. Esses serviços de infraestruturas viárias facilitaram o acesso com veículos particulares e coletivos até a foz. Essas transformações vêm acelerando o processo de ocupação com cercamento, limpeza de áreas, supressão da vegetação e várias placas de venda de terreno.

Pela própria morfologia do gradiente da microbacia, o baixo curso do Mariano apresenta um cenário propício ao ecoturismo com a calha mais larga e mais profunda com maior volume de massa d'água. Possibilita no período de cheia, o transporte de pequenas embarcações e o passeio de lanchas nos finais de semana.

A margem esquerda encontra-se com mais infraestrutura viária de acesso e, conseqüentemente, mais modificada pela ação antrópica. Além do condomínio Vivenda do Pontal construído à margem do igarapé na década de 1980 para classe de alto poder aquisitivo, várias residências de alto padrão têm ocupado as margens dos afluentes e da calha principal suprimindo a vegetação ciliar para construção de praias artificiais e marinas particulares.

O acesso à margem direita (baixo curso) até pouco tempo se fazia por pequenas embarcações via fluvial subindo o rio Tarumã-Açu até a foz ou pela BR-174 por ramais de chão batido com dificuldade de acesso com veículos. Esse “isolamento” fez com que permanecessem as atividades primárias de pequenos agricultores de subsistência e piscicultores.

O cenário na área de estudo vem refletindo o mesmo modelo de ocupação em que cada ator social é administrador do espaço geográfico de acordo com seus interesses e recursos financeiros. A figura do estado que deveria se anteceder com a aplicação normativa do plano diretor visando ação socioambiental realiza políticas públicas superficiais para atender apenas interesse de determinado grupo ou classe social.

1.1.2 Metodologia e procedimentos

A pesquisa científica tem como base o método para encaminhar o seu desenvolvimento, validar seus resultados e como característica principal a sua replicabilidade. Por meio do método, permite-se estudar um fenômeno dentro da racionalidade para evitar erros, conduzidos por provas e evidências.

De acordo com Freixo (2012), o sentido da palavra método tem origem grega: *methodos* que expressa um caminho para se chegar a um fim, objetivando o conhecimento mais pleno na possível resolução do problema.

Destarte, o presente estudo é caracterizado pela abordagem qualiquantitativa a partir de dados primários coletados em campo, com tratamento de dados em laboratório e análise em escritório, para Freixo (2012, p. 171) “[...] implicam uma descrição dos fenômenos em estudo, outras, uma explicação sobre a existência de relações entre os fenômenos [...]”.

Tem no seu escopo, conforme descreve Severino (2007), a pesquisa de campo que consiste na observação, coletas e levantamento (*surveys*) de dados no ambiente natural onde ocorrem os fenômenos, correspondem às formas mais descritivas aos estudos mais analíticos. Apresenta característica exploratória conforme narra o citado autor em que se pesquisam informações de uma área mapeando os atributos e suas alterações.

É explicativa, porque “além de registrar e analisar os fenômenos estudados, busca identificar suas causas, [...] através da interpretação possibilitada pelos métodos qualitativos” (Severino, 2007, p. 123).

Por agregar um conjunto de abordagens técnicas e complementar ao método, os métodos de procedimentos na pesquisa são etapas mais concretas de investigações dos fenômenos, “Dir-se-ia até serem técnicas [...]. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenômeno” (Lakatos Marconi, 2011, p. 91).

De forma sistematizada e integrada com vista atender os objetivos que consolidou investigar as vulnerabilidades e potencialidades da microbacia hidrográfica do igarapé do Mariano documentada por carta síntese, os procedimentos metodológicos permearam as seguintes etapas:

Estado da arte - No levantamento bibliográfico para composição do estado da arte, inicialmente foi feito um estudo por meio de consulta em literaturas que versam sobre o tema apresentado em livros, portal Scielo, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), revistas especializadas, teses e artigos disponibilizados na internet, objetivando aprofundar o conhecimento sobre bacias hidrográficas para embasar o estudo e correlacionar na investigação das vulnerabilidades e potencialidades.

Mapeamento da microbacia - Esta seção detalha os procedimentos empregados no estudo da MHIM, visando fornecer um arcabouço metodológico rigoroso para a

confeção do mapa da área, realizada no setor de geoprocessamento da Secretaria Municipal de Educação (SEMED).

Coletas de dados em duas fases distintas:

- Aquisição de Dados Vetoriais - Foram obtidas as bases vetoriais referentes aos limites da bacia hidrográfica e da rede hidrográfica do igarapé do Mariano por meio do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017), disponível em: <http://snirh.gov.br>. Adicionalmente, os limites territoriais foram adquiridos a partir da base vetorial de referência do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), disponível em: <https://www.ibge.gov.br/bases-e-referencias/bases-cartogr%C3%A1ficas/carta.html>.
- Imagem de Satélite- Utilizou-se a imagem de satélite do ImageryBasemap da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) para proporcionar uma representação visual detalhada da área de estudo.

Tratamento dos Dados - Neste segmento, o tratamento dos dados foi executado utilizando os softwares ArcGIS 10.1 e ArcMap 10.8, realizado conforme os seguintes procedimentos:

- Importação e Análise Inicial- Importação das imagens e dados vetoriais nos softwares mencionados, seguida de uma análise preliminar para avaliar a qualidade e adequação dos dados.
- Extração da Drenagem- Foi realizada a extração da rede de drenagem da área de estudo para identificar os cursos d'água e outras características hidrográficas relevantes.

Elaboração da Carta Imagem em duas etapas principais:

Integração dos Dados- Realizou-se a sobreposição das bases vetoriais à imagem de satélite, integrando os dados da rede hidrográfica e os limites da bacia com a representação visual fornecida pela imagem de satélite.

Ajustes e Edição - Foram realizados ajustes de escala, resolução e simbologia para assegurar uma representação precisa e detalhada da área na carta imagem.

Delimitação da área da microbacia - Para este procedimento da delimitação da área da microbacia do igarapé do Mariano, foi feita a utilização da ferramenta clip no ArcGIS 10.1, visando definir com precisão os limites da área de interesse.

Confeção Cartográfica Final - Esta fase consistiu na elaboração da carta imagem final, onde foram definidos o layout, a escala e os elementos cartográficos. Esse processo resultou na produção da carta imagem final, representando de forma precisa os aspectos geográficos e hidrográficos da área de estudo.

A produção cartográfica para a caracterização dos componentes ambientais da Microbacia do Mariano seguiu um conjunto de procedimentos sistemáticos, visando a criação de cartas temáticas de alta qualidade. A escala adotada para as representações cartográficas foi de 1:70.000.

Análise e Integração de Dados - Todos os conjuntos de dados temáticos foram integrados em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Análises espaciais foram realizadas para investigar as relações entre os atributos ambientais, incluindo sobreposições de camadas, análises de proximidade e análise de padrões espaciais.

Produção de Cartas Temáticas - As Cartas temáticas foram produzidas utilizando as ferramentas de simbologia e layout do ArcGIS 10.1. As cartas seguiram padrões cartográficos rigorosos, incorporando elementos como simbologia adequada, legenda, barra de escala e informações de autoria e fonte.

Validação e Correção - Uma revisão técnica das cartas foi conduzida para assegurar a precisão dos dados, a adequação da simbologia e a clareza das informações apresentadas. Quaisquer erros ou imprecisões identificados durante a revisão técnica foram corrigidos conforme segue:

- a) Verificação da Precisão dos Dados: foi realizada uma revisão nas ortofotos de 2007 e 2015 e na imagem de 2022, do satélite CBRES-04A, para validar as feições geográficas presentes nas cartas temáticas. Essa etapa assegurou a representação fidedigna do terreno, avaliando-se a consistência espacial das feições mapeadas, como corpos hídricos, edificações, limites de formação vegetal e áreas descobertas, para confirmar sua localização e distribuição corretas no espaço;
- b) Adequação da Simbologia: a simbologia empregada nas cartas foi cuidadosamente revisada para garantir sua aderência às normas cartográficas estabelecidas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e sua eficácia na representação das categorias de uso da terra e elementos ambientais, priorizando a legibilidade da simbologia, assegurando que fosse facilmente interpretável por usuários não especializados, sem causar confusão ou sobreposição visual;
- c) Clareza das Informações: conferiu-se a inclusão e a disposição adequadas de todos os elementos essenciais do mapa, como título, legenda, escala, grade, orientação e informações de autoria, garantindo que todas as anotações textuais nas cartas estivessem claras e livres de ambiguidades, utilizando-se fontes de tamanho adequado para facilitar a leitura;

d) Correções espaciais: feições mal posicionadas foram corrigidas ou redesenhadas com base em dados de referência precisos, utilizando-se o apoio da ferramenta “Topology”, do ArcGIS 10.8.1, para ajustar geometrias e alinhar feições com seus contornos reais.

Trabalho de campo - Foram importantes as idas em campo para tirar dúvidas nas interpretações, na complementação de informações necessárias para o enriquecimento da pesquisa e em locais de difícil acesso com uso de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). Inicialmente só foi possível a prática de campo no primeiro semestre de 2022 e, conforme a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS), a equipe seguiu o protocolo de prevenção contra a COVID-19 usando máscara, distanciamento e álcool gel.

As visitas de campo ocorreram durante o mês de maio de 2022, período correspondente próximo ao final de chuva na região denominado localmente de inverno amazônico. Foram realizadas em cinco pontos da microbacia do Mariano correspondente aos cursos superior, médio e inferior. Os pontos 1, 2 e 3 foram realizados via terrestre e os pontos 4 e 5 por via fluvial em uma lancha de pequeno calado. No ponto 4 (Vivenda do Pontal), dia 31.10.2022, a ida em campo foi por via terrestre (Quadro 1):

Quadro 1– Pontos de coletas de dados no trabalho de campo na MHIM do Mariano em 2022.

Ponto	Curso	Local	Coordenada Geográfica	Data	Hora
P1	Superior	AM-10, Km 24	02° 54'25.0'' S 59° 58'27.4'' W	09.05.2022	9h-12h
P2	Médio	BR-174, Km 6	02° 55'30.2'' S 60° 02'08.6'' W		
P3		BR-174, Estrada Cláudio Mesquita	02° 56'21.3'' S 60° 03'09.2'' W	20.05.2022	9h-12h
P4	Inferior	Em frente a Vivenda do Pontal	02° 57'10.5'' S 60° 04'32.8'' W	24.05.2022	9h-12h
P5		Foz	02° 57'19.8'' S 60° 06'11.8'' W	31.10.2022	13-14h30
				24.05.2022	9h-12h

Fonte: Roselito Carmelo (2022).

Em 2023, com o avanço da vacinação e os altos níveis de imunidade da população, a OMS declarou no mês de maio o fim da emergência de saúde pública de importância internacional referente à COVID-19. Assim, foi possível realizar vários campos entre os meses de chuva e de seca, com maior ênfase no médio e baixo cursos da microbacia, devido ao processo de mudanças ocorridas com o asfaltamento das

estradas e ramais de acesso permitindo grande fluxo de pessoas e intensificação no uso e ocupação da terra (Quadro 2).

Quadro 2 – Pontos de coletas de dados no trabalho de campo na MHIM em 2023.

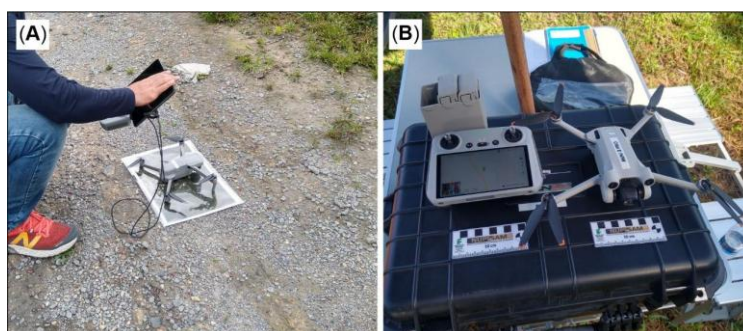
Ponto	Curso	Local	Coordenada Geográfica	Data	Hora
P1	Superior	AM-10, Km 24 e 30	02° 54'25.0'' S	26.01.2023	8h-14h
			59° 58'27.4'' W	30.06.2023	
P2	Médio	BR-174, Km 6	02° 55'30.2'' S	26.01.2023	8h-12h30
P3		BR-174, Estrada Cláudio Mesquita	60° 02'08.6'' W	13.05.2023	
P4	Inferior	Foz	02° 56'21.3'' S	11.06.2023	07.10.2023
P5			60° 03'09.2'' W	16.09.2023	
			02° 57'19.8'' S	07.10.2023	
			60° 06'11.8'' W	23.10.2023	

Fonte: Roselito Carmelo (2023).

Para proceder com as coletas de informações em campo, os trabalhos foram baseados na técnica da observação direta com anotações em caderneta de campo das informações mais superficiais, para as informações mais detalhadas. Para facilitar na produção da escrita em trabalho de escritório, foi utilizado um gravador digital pen drive IC RR-XS450 de bolso marca Panasonic de 4 GB, mapa de campo, registro fotográfico nas áreas dos 5 pontos, um dispositivo de sensor de GPS (*Global Positioning System*) série GPSMAP 78s da marca GARMIN que possibilitou identificar as coordenadas geográficas dos pontos trabalhados.

Para o levantamento fotográfico e aerofotogramétrico, os voos em 2022 foram realizados por uma ARP tipo multirrotor quadricóptero asa rotativada DJI Mavic Air 2 Pro 4K. Em 2023, os voos foram realizados com uma ARP DJI Mini 3 Combo Fly More Rc com tela E 3 resolução 4K (Figura 2).

Figura 2 – ARPs de asa rotativa utilizadas nos voos na MHIM (A) 2022 e (B) 2023.

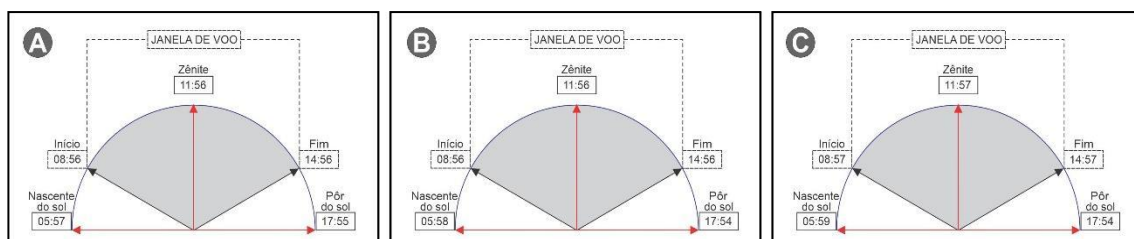


Fonte: Roselito Carmelo (2023).

Em trabalho de gabinete três dias antes da realização do campo, foi elaborada a janela de voo onde foram extraídas informações do site Sunrise_and sunset times in Manaus sobre o nascer e pôr do sol nas datas de realização do voo com a ARP, aplicando o seguinte cálculo para encontrar o Zênite (hora de pico): somatória do nascer e pôr do sol $\div 2$.

Para estabelecer o intervalo de tempo ideal para realizar a aerofotogrametria que se configura na janela de voo, procedeu-se da seguinte forma: a partir do Zênite (hora de pico) se extraiu 3h e acrescentou 3h horas (Figura 3). Os voos realizados em 2023 foram adotados os mesmos procedimentos da janela de voo de 2022.

Figura 3 – Janelas de voos elaboradas para realização de fotos aéreas e aerofotogrametria com ARP nos dias A/09, B/20 e C/24 de maio de 2022 na MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2022) organizador.

Essas informações orientam sobre o horário ideal para o voo e ajudam a minimizar o efeito de sombra nas fotos evitando perda de informações na interpretação, “[...] o sombreamento pode acarretar perda de informação no mosaico e interferindo diretamente na vetorização das feições” (Droneng e Mapear, 2020, p.13). De acordo com a Droneng e Mapear (2020), é preciso estabelecer uma janela de voo de 3 horas antes do horário de pico e três horas depois, pois como a ARP voa em baixa altitude, isso já diminui o efeito de sombra nas fotos, visto que cada área imageada é menor.

Neste sentido, todos os voos realizados ocorreram dentro das 3 horas antes e depois do Zênite. Para ter a segurança de que os dias dos voos seriam de tempo sem chuva, foi feita uma consulta da previsão do tempo no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2022).

Primeiramente, o plano de voo foi traçado na plataforma *Google Earth Pro* constando tempo previsto da missão, nível de bateria, quantidade de fotos tomadas, altura, velocidade de voo, distância entre a ARP e o ponto *home* e a sobreposição das fotos no momento da captura com recobrimento longitudinal (*overlap*) de 80% e lateral

(*sidelap*) de 60%, que, de acordo com Droneng (2020), é o cenário de voo ideal para zona rural onde o procedimento de sobreposição das imagens tem por objetivo encontrar os pontos homólogos que aparecem em mais de uma fotografia capturada em diferentes perspectivas.

Os voos com a ARP foram realizados de forma remotamente pilotados e, nos voos automáticos intermitentes, utilizou-se o aplicativo DJI Ground Station Pro (DJI GS Pro) da seguinte forma:

1. Preparação dos Arquivos KML/SHP, importação via PC/Mac – O DJI GS Pro foi aberto no iPad, onde foi selecionado “Arquivo”. Posteriormente, foi importado e inserido o endereço IP exibido no PC/Mac. Os arquivos KML/SHP foram carregados e importados para o DJI GS Pro.

2. Importação de Geometrias – Na pasta “Arquivo” deslizando para a esquerda, o arquivo KML/SHP foi acionado “Importar”. O DJI GS Pro processou e gerou as geometrias na pasta “Mapa”.

3. Criação de Missão de Voo – Na pasta “Mapa”, a tarefa foi deslizada para esquerda, acionada com um toque em “Criar Missão”. Em seguida, foi selecionado o tipo de missão (polígono ou string de linha) e foi criada automaticamente a missão de voo.

4. Execução da Missão de Voo – Após verificação da conexão do drone e do iPad, foi acessado o DJI GS Pro, foi revisado ajuste e os parâmetros da missão (altitude, velocidade, área de cobertura, sobreposição) e, por fim, a missão de voo foi realizada.

Os voos foram realizados na altitude de 120 metros, conforme determinação da ANAC (2018), com nível de detalhamento do terreno correspondente a distância de amostra do solo GSD (*GroundSampleDistance*) de 10 cm/pixel.

Conforme Silva Neto (2016), cada pixel da imagem guarda informações do terreno representado em centímetros denominado de GSD. Zanotta, Zortea e Ferreira (2019) afirmam que:

A resolução espacial de uma imagem (ou sensor) está relacionada à capacidade em descrever as características geométricas dos alvos nela contidos como forma e tamanho. É geralmente medida em *ground sample distance* (GSD), que constitui a distância de captura entre dois pixels consecutivos (Zanotta; Zortea e Ferreira, 2019, p. 51-52).

Variáveis morfométricas e morfográficas

A bacia hidrográfica é formada por vários componentes que caracteriza sua funcionalidade, dinamismo e equilíbrio dentro do contexto ecossistêmico, são, segundo Silva, Schulz e Camargo (2004), dados relacionados à análise morfométrica como a drenagem e o relevo que permite a compreensão da dinâmica ambiental da área.

É preciso conhecer a dinâmica de forma mais específica dos componentes como divisor de água, cabeceiras ou nascentes, curso principal, afluentes e subafluentes que fazem parte da bacia hidrográfica (Machado e Torres, 2012). Para os autores, é importante entender os índices morfométricos a partir das características físicas naturais e as intervenções antrópicas que passam a existir dentro da análise morfográfica (caracterização qualitativa).

Dessa forma, algumas variáveis foram analisadas dentro do contexto quali-quantitativo como suporte de entendimento das potencialidades ou vulnerabilidades da microbacia visto a seguir:

Área e Perímetro – Inicialmente, segundo Lousada e Camacho (2018), ao se trabalhar uma bacia hidrográfica, o ponto de partida a ser considerado é a área de drenagem com projeção horizontal dos respectivos contornos expressos em km². O perímetro é expresso em km onde o comprimento dos limites é determinado pelos divisores topográficos de água.

A área da bacia hidrográfica é um elemento importante para subsidiar o cálculo de outras variáveis. Esses parâmetros (área e perímetro) foram obtidos por geoprocessamento realizados de forma automática no ArcGis 10.1.

Padrão de drenagem - Variável de influência morfogenética e acomodação das camadas rochosas que mostra o arranjo espacial dos cursos fluviais pela diferença de declividade e evolução geomorfológica da região (Christofolletti, 1980; Machado e Torres, 2012).

O padrão de drenagem mostra a forma da distribuição espacial dos cursos d'água no interior da bacia hidrográfica que são, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), dados de informações qualitativas em que informam a resistência da rocha submetida aos processos erosivos e em ambiente tropicais o intemperismo químico é um potente intensificador da erodibilidade. Para os autores, uma rede de drenagem ideal é a que tem a forma de uma árvore e classificada como dendrítica onde a confluência de um afluente se dá em ângulo agudo (menor que 45°) sobre rocha sedimentar horizontal e uniforme.

Para verificação dessa variável (padrão de drenagem) quanto à forma e ângulo, foi realizada por meio de comparação visual existente nas literaturas especializadas. Entre os vários padrões de drenagem, Machado e Torres (2012) relacionam os principais (Quadro 3).

Quadro 3 – Principais padrões de drenagem.

Dendrítica	Designada como arborescente, por assemelhar-se à configuração de uma árvore (corrente principal corresponde ao tronco da árvore e os tributários aos seus ramos). Os tributários se unem em ângulos agudos de graduação variada.
Treliça	Em geral as confluências são em ângulos retos, todas as variações, no lineamento geral dos cursos predomina a direção reta.
Retangular	Caracterizada pelo aspecto ortogonal devida as bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais do curso principal e tributários.
Paralela	Os cursos d'água escoam quase paralelamente uns aos outros em extensão relativamente grande.
Radial	Formada por correntes fluviais dispostas como os raios de uma roda em relação a um ponto central.
Anelar	Série de cursos d'água de forma circular ou semicircular semelhante a anéis.

Fonte: Roselito Carmelo, (2022) organizado a partir de Machado e Torres (2012, p. 49-50).

Ordenamento da drenagem/Hierarquia fluvial - O ordenamento da drenagem permite identificar na rede de drenagem de uma bacia o funcionamento hierarquicamente por sequência de canais que se interconectam para formar o curso de maior competência. O curso primário de cabeceira é de ordem 1, a união de 2 de ordem primária da origem a um curso de ordem 2, a união de ordem 2 dá origem a um curso de ordem 3 e assim sucessivamente (Strahler,1957). A hierarquia fluvial foi realizada a partir da identificação dos canais no mapa da rede hidrográfica.

Comprimento do canal principal - Essa variável é conhecida definindo-se a distância do canal de captação da rede hidrográfica a partir da foz até a nascente principal, ou seja, o rio que drena a maior área no interior da rede hidrográfica será tido como o curso principal. “É a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente” (Christofolletti, 1980, p. 111).

Para encontrar o canal principal, utiliza-se como critério a hierarquia fluvial de Strahler (1957) constatando-se no interior da rede hidrográfica qual é a maior ordem associada e se permanece constante até a foz. A identificação do canal principal foi realizada a partir do mapa do ordenamento da drenagem/hierarquia fluvial e, em seguida, a extração do curso principal.

Declividade predominante do relevo - “É a faixa de declividade (em %) que predomina na área. Juntamente com a análise altimétrica da área, serve para caracterizar

a movimentação topográfica existente na área drenada [...]” (Silva; Schulze Camargo, 2004, p. 101).

Os dados da declividade foram extraídos do arquivo *Shapefile* da Cartografia Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão e da Zona de Baixa Ocupação da Cidade de Manaus-AM fornecida pelo Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SGB/CPRM, 2019) disponibilizada no link: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21722>. A partir da sobreposição do *Shapefile* da área de estudo da microbacia do Mariano, foram extraídos os dados da área.

O SGB/CPRM (2019) definiu oito Unidades Geotécnicas (UG) objetivando informações desses indicadores sobre o terreno a partir das análises granulométricas, limites de consistência, cor, vulnerabilidade a eventos, movimentação de massa e erodibilidade a fim de que esse trabalho possa fornecer diretrizes ao planejamento urbano e ambiental da cidade com restrições ou aptidões a ocupação (Quadro 4).

Quadro 4 – Resumo das UG com as características predominantes e processos geodinâmicos do terreno da zona de expansão urbana suscetível a erosão e da zona com baixa ocupação dentro do perímetro urbano de Manaus.

UG	Características predominantes	Processos geodinâmicos
I-PA	Terreno em planície aluvionares com declividade máxima de 5°, em cotas 24 e 60 m, predominância de areia.	Suscetíveis a processo erosivos, inundações, enchentes e enxurradas.
II-PC	Terreno plano com declividade máxima de 5°, cotas acima de 50 m, estrutura coesa.	Suscetíveis a movimento de massa e rastejo.
III-PG	Terreno plano com declividade máxima de 5°, em cotas de 30 e 80 m, predominância de substrato arenoso.	Solo friável e suscetível a erosão.
IV- SC	Terrenos suaves, com declividade entre 5° e 11°, em cota entre 30 e 110 m, substrato coeso.	Suscetíveis a movimento de massa.
V- SG	Terrenos suaves, com declividade entre 5° e 11°, em cota 80 m, predomínio de substrato arenoso granular.	Solo friável e suscetível a erosão
VI-IC	Terrenos íngremes, com declividades acima de 11°, em cota acima de 40 m, textura coesa silte e argila.	Apesar de resistente a erosão tem alta suscetibilidade ao movimento de massa devido a inclinação do terreno,
VII-IG	Terrenos íngremes, com declividades acima de 11°, em cota de 80 m, substrato com predominância arenosa e textura granular.	Solo friável com suscetibilidade média a alta à erosão.
VIII-AI	Terrenos com declividades entre 0° e 11°, em cota de 30 a 70 m, substrato textural granular com mais de 95% de material arenoso.	Solo inconsolidado com suscetibilidade alta a erosão.

Fonte: Roselito Carmelo (2023) modificado da Cartografia Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão e da Zona de Baixa Ocupação da Cidade de Manaus – AM (SGB/CPRM, 2019).

Posteriormente, foram agrupadas nas três classes de declividade do relevo, segundo o SGB/CPRM (2019): (1) – Plano: corresponde às declividades máximas de 5°, (2) – Encosta Suave: entre o limite superior do relevo plano (5°) e o limite inferior da encosta íngreme (11°) e (3) – Encosta Íngreme: declividade acima de 11° (Quadro 5).

Quadro 5 – Unidades Geotécnicas (UG) classificadas de acordo com a declividade e o índice de suscetibilidade à erosão.

Classe	UG	Declividade	Relevo	Suscetibilidade à erosão
1	I – PA II – PC III – PG VIII – AI*	Até 5°	Plano	Baixa
2	IV – SC V – SG VIII – AI*	$>5^{\circ} \leq 11^{\circ}$	Encosta suave	Média
3	VI – IC VII – IG	$>11^{\circ}$	Encosta íngreme	Alta

Fonte: Roselito Carmelo (2023) organizado a partir da Cartografia Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão e da Zona de Baixa Ocupação da Cidade de Manaus – AM (SGB/CPRM, 2019). UG VIII-AI* Terrenos com declividades entre 0° e 11° computado na classe 2.

Legenda: PA – Planície Aluvionar; PC – Plano Coeso; PG – Plano Granular; SC – Suave Coeso; SG – Suave Granular; IC – Íngreme Coeso; IG – Íngreme Granular e AI – Areias Inconsolidadas.

Altitude máxima, Altitude mínima, Amplitude altimétrica e Relação de relevo/declividade total - Essas variáveis expressam diferentes altitudes distribuídas em determinada área do relevo de uma bacia hidrográfica servindo de parâmetro ao planejamento de uso e ocupação da terra. Os dados iniciais “Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica (Christofolletti, 1980, p. 119).

As variáveis: altitude máxima, altitude mínima e amplitude altimétrica (H) seguiram as diretrizes de abordagem de Padilha e Souza (2017). A partir do perfil longitudinal da microbacia correspondente ao curso d’água principal, são extraídos, primeiramente, os dados da altitude máxima e mínima correspondentes respectivamente à nascente principal e o exutório (foz) e, em seguida, são realizados as demais informações.

A amplitude altimétrica (H) é expressa em metros $(H) = AM - Am$, onde:

H = amplitude altimétrica;

AM = maior altitude;

Am = menor altitude.

A Relação de relevo (Rr) fornece a declividade total da superfície da bacia hidrográfica. Segundo Christofolletti (1980), foi introduzida por Schumm em 1956, por meio da relação entre a amplitude altimétrica (H) e o comprimento do principal curso d'água (C). Assinala o autor que Melton, em 1957, propôs o resultado da relação de relevo expresso em porcentagem. Essa proposta da ponderação do resultado em percentual foi exposta por Strahler (1957). Dessa forma, de acordo com os autores tem-se a equação:

$$Rr = \frac{H}{C} \cdot 100$$

Rr = Relação de relevo.

H = amplitude altimétrica.

C = maior comprimento da bacia.

Perfil longitudinal e Mapa hipsométrico - Toda a dinâmica hidrográfica está diretamente ligada à estrutura morfológica do terreno. Segundo Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022), a compreensão da dinâmica hídrica está relacionada às diferentes altimetrias do relevo como as vertentes e os interflúvios. Nesse sentido, as altitudes máximas das vertentes correspondem aos canais de primeira ordem presentes no alto curso na área da cabeceira, onde os processos erosivos são mais intensos.

Esses dados altimétricos são obtidos a partir do perfil longitudinal de um rio por meio da representação gráfica das variações de declividade do canal que, segundo Christopherson (2012), mostra uma linha irregular côncava para cima com altitudes (gradientes) maiores nas nascentes e mais suaves próximos ao nível de base (foz).

Para a realização do cálculo de um perfil planialtimétrico e a representação cartográfica hipsométrica na bacia do igarapé do Mariano, foi utilizado a ferramenta 3D Analyst do software ArcMap 10.8.1. O mapa hipsométrico é a representação gráfica das variações de altitude, dotado de uma legenda em que a escala representa o aumento e diminuição das altitudes. O mapa hipsométrico informa a altimetria ampla do relevo no aspecto de rebaixamento do terreno (Rodrigues, Carleto e Santos, 2020). É um instrumento cartográfico que permite verificar as cotas mínimas e máximas da área da pesquisa.

Foram realizadas as seguintes etapas:

- Preparação dos dados: primeiramente, foram baixados dados altimétricos da região de interesse, como o Modelo Digital de Elevação (MDE) ou dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 30 m do projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis no site www.dsr.inpe.br/topodata/. Confirmou-se que esses rasters continham as informações de elevação necessárias. Em seguida, a preparação no ArcGis, onde foram carregados os dados de elevação, verificando-se sua resolução e cobertura.
- Configuração do ArcGis: ativação da extensão *3D analyst* - foi acessado “Customize” > “Extensions” e ativou-se a extensão “*3D Analyst*”, essencial para análises tridimensionais.
- Definição do percurso: desenho da linha de interpolação - utilizou-se a ferramenta “InterpolateLine” do 3D Analyst. Foi desenhada uma linha sobre o raster na localização desejada para o perfil topográfico e finalizou-se com um duplo clique.
- Criação do perfil topográfico: geração do perfil - com a linha definida, clicou-se em “*Create Profile Graph*”. O ArcGIS gerou automaticamente o perfil topográfico ao longo da linha interpolada.
- Elaboração do mapa hipsométrico: definição das cores para altitudes – primeiramente, foram ajustadas as cores no ArcGIS para representar diferentes altitudes, criando um mapa hipsométrico que mostra visualmente as variações de elevação. Em seguida, os ajustes visuais - foram modificadas as propriedades do gráfico e do mapa, incluindo títulos, rótulos, escalas e formatos. Em seguida, foram adicionados elementos visuais complementares como o limite da bacia e drenagem hidrográfica.
- Integração no mapa: inclusão no layout do mapa - incorporou-se o gráfico do perfil planialtimétrico e o mapa hipsométrico na vista de layout do ArcGIS. Foram adicionados rótulos claros à linha de interpolação, ao gráfico e ao mapa hipsométrico.
- Exportação do projeto: finalização - exportou-se o mapa finalizado como um arquivo PNG, assegurando que todos os elementos estivessem claramente visíveis e bem apresentados.
- Fontes dos dados: dados SRTM no INPE, Projeto Topodata, disponível no site: www.dsr.inpe.br/topodata/. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017) da Agência Nacional de Águas – Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, disponível no site: <http://snirh.gov.br>.

Mapas de uso e ocupação da terra da MHIM - Na confecção dos mapas de uso e ocupação da terra para o estudo da MHIM entre os anos de 2007 e 2022, a metodologia foi pautada na seleção criteriosa de imagens de sensoriamento remoto, na avaliação visual rigorosa e na integração de dados de campo. O processo foi delineado da seguinte forma:

- Ortofotos de 2007 e 2015 – Foram utilizados ortofotos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Manaus para os anos de 2007 e 2015. A escolha dessas ortofotos baseou-se na clareza, na resolução e na representatividade das características do terreno.
- Imagens de Satélite de 2022 – Para o ano de 2022, recorreu-se às imagens de alta resolução do satélite CBERS-04A do banco de dados do INPE. Essas imagens foram submetidas a um minucioso processo de avaliação visual, priorizando-se aquelas com o menor índice de nuvens e ruídos.
- Os objetivos específicos do estudo guiaram a escolha das bandas espectrais. Para a composição RGB, foram selecionadas as bandas Azul (B), Verde (G) e Vermelho (R) da câmera MUX do CBERS-04A. Essas bandas, abrangendo partes significativas do espectro visível, forneceram informações fundamentais sobre as características da superfície terrestre.
- Realizou-se a composição RGB atribuindo a banda NIR ao canal vermelho, a banda R ao canal verde e a banda G ao canal azul. Esta combinação foi escolhida para realçar características específicas na imagem, como a vegetação e áreas urbanas. O contraste e o brilho das imagens compostas foram meticulosamente ajustados para realçar as diferenças entre as categorias de uso da terra.
- Critérios de Qualidade das Imagens – As imagens foram selecionadas com base no critério de menor cobertura de nuvens, limitando-se a um máximo de 10% de cobertura. Esta abordagem alinha-se com o estudo de Campos Alves, Silva de Freitas e Queiroz dos Santos (2020), que obtiveram resultados satisfatórios ao adotar esse limiar na cidade de Manaus.
- Avaliação Visual das Imagens – Realizou-se uma avaliação visual detalhada das imagens para identificar e descartar aquelas com presença significativa de nuvens ou ruídos. Especial atenção foi dada à ausência de queimadas, conforme recomendado pelo IBGE (2020), para garantir a integridade das informações.
- Seleção Temporal – O intervalo temporal de sete anos foi considerado ideal para observar as mudanças no uso e ocupação do solo, permitindo uma análise comparativa entre os anos selecionados.

- Variação Climática – Foi levado em conta o padrão climático da região, especialmente a variação na cobertura de nuvens ao longo do ano. Optou-se por imagens dos meses com menor incidência de nuvens altas, tipicamente entre julho e setembro, seguindo as observações de Alves, Machado e Prasad (2007) sobre a área de Manaus.
- Definição do Sistema de Projeção e Datum – O sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o Datum SIRGAS 2000 foram definidos como padrão para o estudo, abrangendo as zonas 20 e 21S. Essa escolha assegura a precisão geográfica e a consistência entre os diferentes conjuntos de dados.
- Coleta de Dados em Campo – Os dados adquiridos em campo foram integrados com as imagens de sensoriamento remoto para validar as características mapeadas e garantir a precisão das classificações de uso e ocupação da terra.

Classificação supervisionada - Nesta etapa, é importante o analista ser capaz de coletar amostras “[...] é predizer a qual classe pertencem novos dados a serem analisados. Assim, a classificação supervisionada baseia-se em exemplos prévios” (Zanotta, Zortea e Ferreira, 2019, p. 239).

A classificação supervisionada visa extrair informações nas quais é preciso inicialmente ter bastante conhecimento da área pesquisada. Assim, a experiência adquirida do trabalho de mestrado permitiu forte conhecimento da microbacia do Mariano.

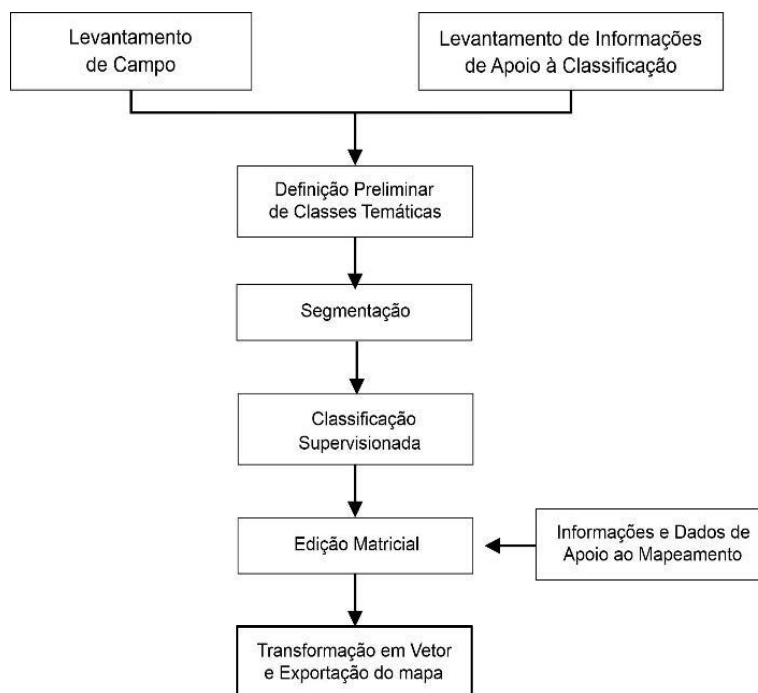
Segundo Zanotta, Zortea e Ferreira (2019), na classificação supervisionada, exige-se a inspeção visual e as imagens disponíveis de elevada resolução espacial é muito importante. Essa abordagem necessita de informações auxiliares e entre elas, o trabalho de campo com as fotos em alta resolução adquiridas pela ARP ajudou não só na identificação ou ratificação, mas também na definição do número de classes e os padrões espectrais típicos fornecido ao *software*.

Para auxiliar na identificação de determinados alvos objetivando eliminar dúvidas de interpretação nas imagens, foi agregada a utilização da imagem do *Google Satellite* por meio do *software* QGIS 3.16 Hannover, *plug-in QuickMapServices*. Segundo o IBGE (2013), as imagens livres disponibilizadas pelo Google são uma forma muito eficiente na complementação de informações, nas áreas onde se tem dúvidas ou encobertas por nuvem.

No processamento digital cujo objetivo é a identificação e extração dos dados a partir das imagens para produção dos mapas, correspondem a uma etapa de todo o

processo da realização do trabalho que se inicia com os levantamentos de informações em dados teóricos, trabalho de campo e de gabinete, o fluxograma mostra as etapas percorridas até a realização do mapeamento digital (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma das etapas do mapeamento digital.



Fonte: Manual técnico de uso da terra (IBGE, 2013).

Classes de uso da Terra - Na classificação supervisionada adotada, seguem as diretrizes da classe de uso, conforme determinado pelo Sistema Básico de Classificação da Cobertura e Uso da Terra do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) e pela Malha de Setores Censitários Intermediária do IBGE (2021a), conforme exposto no quadro 6.

Quadro 6 – Classes de uso da terra conforme o Sistema Básico de Classificação da Cobertura e Uso da Terra (2013) e Malha de Setores Censitários Intermediária (2021).

Item	Classe	Fonte
a	Formação florestal	IBGE (2013)
b	Áreas descobertas	
c	Corpos hídricos	
d	Culturas e cultivos (temporários e diversificados)	
e	Piscicultura semi-intensiva	
f	Área urbana com baixa densidade de edificações	IBGE (2021a)

Fonte: Roselito Carmelo (2022) organizado a partir de dados do IBGE (2013 e 2021a).

As classes trabalhadas nos itens “a”, “b”, “c”, “d”, “e” (IBGE, 2013) e para área de baixa densidade de edificações classe item “f”, onde contém a situação atualizada da Divisão Político-Administrativa Brasileira (DPA) (IBGE, 2021a) estão descritas de forma mais detalhadas conforme segue:

a) Formação florestal – espécies com porte superior a 5 metros com fisionomia de floresta ombrófila, campinarana florestada e arbustiva, buritizal e capoeira.

b) Áreas descobertas – referem-se tanto a ambientes naturais, quanto a ambientes antrópicos, decorrentes da degradação provocada pelas atividades humanas, como extração de minerais; extensões de areia no continente, dunas com vegetação esparsa (campinarana aberta) ou sem vegetação, áreas de extração abandonadas e sem cobertura vegetal; áreas cobertas por rocha nua exposta.

c) Corpos Hídricos – incluem todas as classes de águas interiores, referem-se aos corpos d’água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, riachos, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes e outros corpos de água lineares.

d) Culturas e cultivos (temporários e diversificados) – para esta classificação, foi feita a associação entre cultura temporária e cultivos temporários diversificados contemplando especificamente a realidade da microbacia do Mariano. Cultura temporária é o cultivo de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que, após a produção, deixam o terreno disponível para novo plantio.

Dentre as culturas, incluem hortaliças, lavoura semipermanente de mandioca, ainda as plantas hortícolas, de pequeno porte, que, muitas vezes, são cultivadas em estruturas como estufas, ripados e telados. Cultivos temporários diversificados se referem à categoria associada aos mosaicos de usos que envolvem a utilização de mais de três produtos.

Esses usos, geralmente, ocorrem em pequenas propriedades com produção diversificada, conjugando culturas temporárias como mandioca, milho, feijão, batata-inglesa, fumo, hortícolas e floríferas, fumo, com frutíferas permanentes, cultivo de árvores, pecuária de leite, avicultura e suinocultura. É nessa categoria que estão incluídas as culturas produzidas na agricultura familiar e/ou de subsistência.

e) Piscicultura semi-intensiva – multiplicação e criação de peixes em cativeiro com produtividade natural estimulada de alimentos como grãos, farelos e farinhas para

prover a maior densidade de estocagem, realizada em tanques, viveiros e demais reservatórios, nos quais se tenha controle total sobre a entrada e saída de água.

f) Área urbana com baixa densidade de edificações – inclui expansão urbana, novos loteamentos, áreas verdes desabitadas, áreas descontínuas onde a vegetação ocupa superfícies mais significantes. São identificadas, nessa classe no interior da microbacia, todas as edificações contendo residências, comércios, fábricas e indústrias.

Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades - Para os resultados alcançados da carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades, foram tomadas como apoio principal na pesquisa as unidades ecodinâmicas de Tricart (1977), estabelecidas em três níveis: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis.

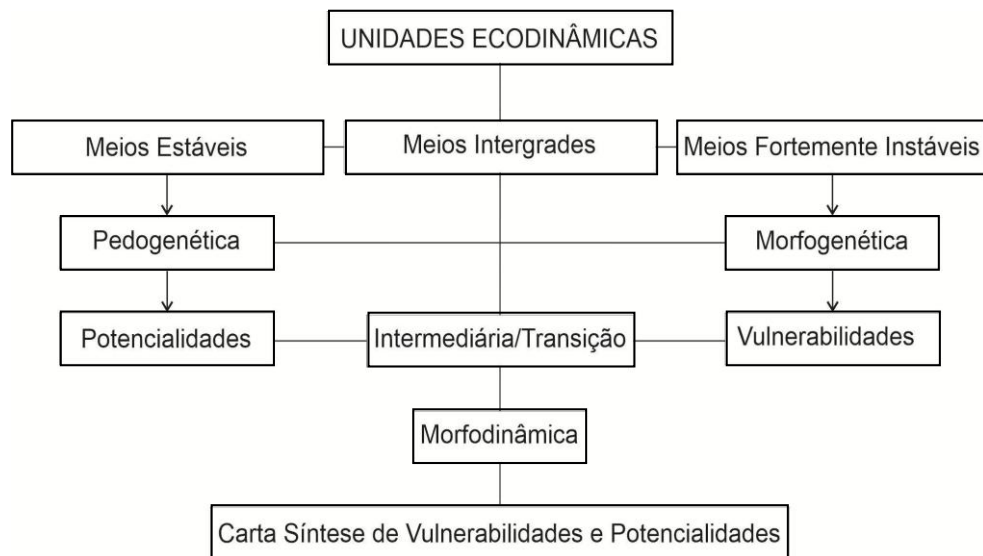
Meios estáveis – significa que ocorre predomínio do fator pedogenético sobre o morfogenético, existe cobertura vegetal capaz de proteger a superfície do solo dos processos erosivos; meios intergrades – representa a princípio a situação intermediária, corresponde à existência de um processo de transição ou um balanço entre o fator pedogenético e morfogenético e; os meios fortemente instáveis – existe predominância do fator morfogenético sobre o pedogenético, caracteriza desequilíbrio por inexistência de cobertura vegetal suficiente, fortes chuvas, processos erosivos atuantes e sujeito a inundação (Tricart, 1977).

Para cada nível, atribuiu-se sequencialmente os valores 1 (meios estáveis - potencialidades), 2 (meios intergrades - intermediária) e 3 (meios fortemente instáveis - vulnerabilidades) e a sequência de cores respectivamente: verde, amarelo e vermelho. Essas tonalidades de cores foram preenchidas no mapa representando as informações finais das classes analisadas.

Os três atributos da ecodinâmica: níveis estáveis, intergrades e instáveis foram analisados levando-se em conta o trabalho de campo com o aerolevante realizado pela ARP, os dados adquiridos das variáveis morfométricas e análises morfográficas e das seis classes de uso e ocupação da terra nos períodos de 2007, 2015 e 2022 permitiu se chegar à realização do produto final (Figura 5).

Para subsidiar como apoio na elaboração da carta síntese, recorreu-se aos estudos de Silva, Schulz e Camargo (2007) que indicam para o estudo do meio físico nas representações das limitações e potencialidades, o uso de cartas geotécnicas e, em Ross (2014), que possui trabalhos voltados à análise do relevo aplicado ao planejamento ambiental, cartografia geomorfológica e cartas temáticas com estudo em bacias hidrográficas.

Figura 5 – Fluxograma das etapas da ecodinâmica à elaboração da Carta Síntese de Vulnerabilidades e Potencialidades da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024), com base na proposta de Tricart (1997).

CAPÍTULO 1 – OS CICLOS ECONÔMICOS DA BORRACHA E A ZONA FRANCA DE MANAUS: EXPANSÃO URBANA E DEGRADAÇÃO DAS MICROBACIAS

Em primeiras linhas, pode-se dizer que este capítulo é o estado da arte que compõe o entendimento sobre o uso e ocupação do sítio urbano de Manaus, determinado por momentos econômicos que alavancaram processos de mudanças na estrutura do espaço urbano ocasionado por movimento populacional campo-cidade, que culminou em um intenso êxodo rural.

São referenciados aqui três momentos econômicos importantes que fortaleceram as bases e impulsionaram o crescimento da cidade de Manaus, consolidando-a não apenas como a capital geográfica do Estado do Amazonas, mas a capital econômica. A exploração da borracha teve dois episódios econômicos, sendo que o primeiro remonta as três décadas do final do século XIX até em torno das duas primeiras décadas do século XX, “[...] cujo auge ocorreu entre 1870 a 1920” (Sousa, 2016, p. 83) e uma nova retomada no período da Segunda Guerra Mundial entre 1942 e 1945.

Para Gonçalves (2012, p. 91), “[...] a borracha era no início do século uma matéria-prima estratégica para qualquer complexo industrial [...] sendo usada para fabricação de amortecedores, correias de transmissão, além de encapamentos de fios e tubos etc.”. Portanto, dominar a técnica de plantio em grande escala para abastecimento das indústrias capitalistas crescentes no exterior era motivo de cobiça.

Esses dois momentos de exploração econômica da borracha, com maior atenção ao primeiro que teve considerável força para impulsionar um fluxo migratório para Manaus. Porém, segundo Gonçalves (2012), a produção asiática da borracha deixou a Amazônia em profunda crise econômica com decréscimo populacional. No entanto, ao contrário, só o Amazonas apresentou crescimento na época.

Esse crescimento é visto em Manaus quando são analisados os dados do censo do IBGE ([187?]-1930) entre 1872 e 1920 período correspondente ao primeiro ciclo econômico da borracha, a população de Manaus teve um crescimento de 158%, porém essa fonte econômica não foi capaz de empreender grande crescimento no espaço urbano, porque não teve força de atração para permanecer se expandindo, o que ficou restrito numa área parcial da atual Zona Sul, Centro-Sul e Oeste.

Sobre essa efemeridade econômica da borracha Becker (2013, p. 26) assim se expressa “A denominação de ‘bolha’ a esse surto econômico e demográfico aqui

sugeridos justificar-se-ia não apenas por seu caráter efêmero, mas, sim, sobretudo, pelo fato de não ter fincado raízes que pudessem dar continuidade à dinâmica econômica”.

O terceiro ciclo econômico versa sobre a implantação da ZFM que ocorreu dois anos após o início da ditadura militar, com o lema de progresso e integração, de acordo com Brianezi (2018, p. 72), “[...] no ideário de progresso dentro do qual se inscreveu o governo militar, a implantação da ZFM foi apresentada como uma solução para retirar a Amazônia Ocidental da estagnação econômica” com as “expectativas de integração da Amazônia brasileira ao centro de poder político-econômico do Brasil diante das supostas ameaças de internacionalização da região” (Brianezi, 2018, p.73). Portanto, um projeto geopolítico de integrar para não entregar como sinalizava a campanha do governo militar.

Nesse terceiro momento iniciado, a partir de 1967, não só ocasionou um intenso fluxo migratório, mas se transformou em uma força motriz monopolizante de prestação de serviços permanente apoiado num intenso comércio de produtos na área central da capital, descrito por Ab’Sáber (2004, p. 221) como sendo “O cenário cotidiano das ruas comerciais centrais da Zona Franca, onde se vende de tudo: da mais simples bugiganga aos mais sofisticados aparelhos eletrônicos”.

O desenvolvimento econômico forjou com o tempo um caminho até consolidar Manaus nos dias atuais na metrópole da Amazônia Ocidental. Tecendo comentário sobre esse momento econômico Ribeiro Filho (1999, p. 33) afirma que: “É nesse período que o espaço urbano passa por transformações profundas, seja no crescimento demográfico, seja na expansão espacial da cidade”.

Para esse espaço de transformação ser o que é a área urbana de Manaus, houve um custo social e ambiental sem dimensão. A capital acolheu os migrantes, mas não teve ação do governo que fosse capaz de oferecer moradia para todos que vinham em busca de melhoria de vida e emprego.

Sem planejamento e sem uma política habitacional eficiente, a grande massa populacional foi ocupando todas as formas de relevo sem infraestrutura construindo suas habitações de acordo com suas posses econômicas, os platôs, as áreas de encostas, os fundos dos interflúvios, nas margens e sobre os cursos d’água a população foi edificando suas moradias. Para Ribeiro Filho (1999, p. 41), “Muitos ‘bairros’ foram criados às custas das ocupações, sem qualquer forma de planejamento. Multiplicam-se as ocupações dos igarapés e dos interflúvios [...]. A cidade esparrama-se pelos extensos platôs avançando floresta a dentro [...]”.

Na medida em que se apropriavam das terras, as microbacias e os igarapés de até quarta ordem foram sendo destruídos numa sequência inicial a partir da derrubada indiscriminada da vegetação, assoreamentos dos canais com todo tipo de entulho, resíduos e por último com a contaminação da água natural pelo descarte direto de toda água servida. Valle e Oliveira (2003) explicam que a produção do espaço urbano sem planejamento desconsiderou os igarapés concebendo-os apenas como esgoto receptáculos de resíduos líquidos.

Em reflexão mais detida, os autores expõem seus comentários sobre a situação da formação do espaço urbano da capital do Amazonas frente aos cursos naturais de água dizendo que “Manaus é mais obra de improvisação do homem, nasceu sob o fluxo de forças que não revelam ter uma noção do significado, uma aventura e uma improvisação que continua no tempo, sem uma tendência orientadora e disciplinada” (Valle e Oliveira, 2003, p. 154)

É nesse contexto dessas forças econômicas que possibilitaram um processo de transformação socioambiental no interior da floresta Amazônica negligenciando um dos bens naturais mais presente na composição do relevo, os igarapés, guiaram por um processo de repulsão e atração um movimento populacional que provocou uma distribuição desigual e despontou a cidade de Manaus com maior concentração de pessoas principalmente pelo efeito da implantação da ZFM. Nessa ótica, Pereira (2006) diz que quando ocorrem concentrações de produções e populações geram também efeitos de atração e repulsão em outras regiões.

1.1 OS PERÍODOS DE EXPLORAÇÃO DA BORRACHA

1.1.1 O Primeiro Ciclo da Borracha

A origem da cidade de Manaus remonta o ano de 1669 e o período que antecede aos ciclos econômicos da borracha, estendia-se pela Amazônia com a exploração das chamadas drogas do sertão (especiarias de produtos naturais proveniente da floresta) de grande procura no mercado europeu, eram, segundo Becker e Stenner (2008, p. 13), “[...] canela, cravo, anil, cacau, raízes, sementes oleaginosas, salsaparrilha etc., [...]” cuja exploração direta estava sob a tutela da coroa portuguesa durante a colonização e por longo espaço de tempo a Amazônia Ocidental era dependente de Belém e São Luiz,

centros de decisões da colônia e “Manaus não passava de mero povoado [...]” (Becker, 2013, p. 24).

Nesse sentido, para compor o estudo sobre a expansão urbana de Manaus com referência aos ciclos econômicos da borracha que proporcionou o crescimento da área urbana e elevou de forma ascendente a população, foi considerado como parâmetro inicial o ano de 1848, que de acordo com o Jornal do Comércio – JC (2006) foi o ano em que a Vila de Manaós é elevada à categoria de cidade com o nome de Barra do Rio Negro, conforme a Lei nº 145. A partir de então, a cidade alcançou autonomia com efetiva aparência urbana.

É a partir da emancipação que “Manaus organiza sua estrutura administrativa e judiciária, e, em 1848, a Assembléia (sic) da Província do Pará eleva a Vila de Manaus à categoria de cidade, com o antigo nome de Barra do Rio Negro” (Becker, 2013, p. 25). Quanto à área urbana, é possível visualizar na sua estrutura tendo como base a partir das zonas geográficas atuais que nessa data até antes do primeiro ciclo da borracha, que o espaço de Manaus estava restrito a uma pequena área da porção Sul e minúscula parte da porção Oeste (Quadro 7).

Quadro 7 - Bairros de Manaus classificados por datas existentes antes do Primeiro Ciclo da Borracha.

Bairro	Data criação	Zona Geográfica
Centro	1848*	Sul
São Raimundo	1849*	Oeste

Fonte: Roselito Carmelo (2021) organizador.
Jornal do Comércio (2006).

A elevação de Manaus à categoria de cidade vai combinar como acontecimento que promoveu o primeiro ciclo da borracha na Amazônia e, por consequência, a sua expansão urbana e o movimento populacional está ligado a outro continente com o surgimento da Revolução Industrial na Europa, para Becker e Stenner,

O povoamento efetivo da região deu-se somente com a Revolução Industrial, que promoveu o “ciclo da borracha” entre 1840 e 1920. Foi a grande transformação na economia-mundo, com sua inovação científico-tecnológica constituída pela energia, que revolucionou a economia e o modo de vida na Amazônia (Becker e Stenner, 2008, p. 15).

Segundo Santos (2019, p. 184), “Por essa época, a região amazônica constituía uma subzona periférica do que poderia chamar o capitalismo mundial em expansão [...]”. Para o autor, a região apresentava fonte de renda muito baixa e para alavancar

uma produção necessitava de subsídios externo. A borracha foi um dos produtos naturais de grande procura naquele acontecimento para alavancar a produção automotiva servindo como insumo para fabricação de pneus para os automóveis. As formas de investimento para incentivar a exploração e exportação vieram diretamente de duas fontes principais a britânica e norte-americana (Santos, 2019).

No início do século XX, com a intensa expansão fabril automobilística, exigiu-se grande oferta da borracha e, para suprir o mercado externo, a exploração desse recurso natural alcançou seu maior patamar de produção devido ao forte investimento estrangeiro que, segundo Santos (2019), estendeu-se desde o sistema de transporte fluvial, construção de portos, serviços urbanos, empréstimos aos governos da região e também combinado a um sistema de crédito para apoio a exploração da borracha conhecido localmente como aviamento.

Assim confirmam Becker e Sternner (2008, p. 16) “No final da virada do século, a indústria – sobretudo a automobilística norte-americana – elevou a demanda da borracha a preços estratosféricos, gerando um intenso surto de povoamento na Amazônia”. Nessa mesma narrativa, pela procura do produto corrobora Nascimento (2017) comentando que os quarenta anos entre as duas décadas final do século XIX e as duas do início do século XX ocorreram intensa procura pela borracha nos países industrializados. Segundo ainda Nascimento (2017, p. 417), “[...] passou a constituir-se num dos principais produtos da pauta de exportação do Amazonas”.

Isso fez com que pela primeira vez se registrasse na região um movimento populacional nunca visto até então, segundo Pereira (2006), entre os anos de 1877 e 1880, a migração para o interior da Amazônia tomou proporções gigantescas em busca da exploração da borracha em dados estimados da chegada de 300 mil nordestinos. Apesar do fluxo migratório para os seringais, conforme ainda o autor, as duas cidades “Manaus e Belém explodiram em termos de equipamentos e facilidades urbanas, embora o interior tenha permanecido sobrevivendo às custas do que ocorria nas capitais” (Pereira, 2006, p. 80).

Nesse momento histórico da Amazônia, Manaus teve papel econômico de relevância no período correspondente ao da exploração da borracha que ocorreu com maior intensidade entre os anos de 1880-1912. No entanto, cabe ressaltar que, em situação contrária ao processo de transformação na cidade, “[...] escondiam a miséria dos seringais, interior e de suas periferias que já começavam a tomar vulto” (Pereira, 2006, p. 80).

Santos (2019, p. 190) complementa essa situação vivida pelos seringueiros sob o sistema de coação. Segundo ele, “A segurança da espoliação era garantida pelo regime policial dos seringais, onde sentinelas armados contavam guarda para impedir a fuga dos seringueiros em débito”.

No bojo dessa situação exploratória, o poder público na cidade compactuava para manter a perpetuação desse regime de trabalho, tendo em vista que “a polícia oficial colaborava com sua cobertura, remetendo de volta para os seringais aqueles que, conseguindo escapar do interior, fossem capturados em Manaus [...]” (Santos, 2019, p. 190).

Cabe lembrar que débito nos seringais seria saldo devedor no sistema contábil dos seringalistas, esse, na posse de uma contabilidade controlada totalmente conforme suas leis “[...] detinha a possibilidade de fazer os números dançarem ao compasso de seus interesses [...] o sistema contábil primitivo reduzia o trabalhador ao estado de débito perpetuo e irrevogável” (Santos, 2019, p. 191).

Na capital sede central desse período econômico, Dias (2019) explica que Manaus já apresentava algumas mudanças nos anos iniciais de 1870, apesar de que em 1890 prevalecia ainda o espaço reduzido. A área da cidade estava, segundo a autora:

limitada ao oriente pelo igarapé da Cachoeirinha, ao ocidente pelo igarapé da Cachoeira Grande, ao norte pelas matas que tinha denominação de Campinas, correndo na linha este-oeste, da cabeceira do igarapé de São Vicente até encontrar-se com o dos Remédios (aterro) e ao sul pelo rio Negro (Dias, 2019, p. 36).

Esse dinamismo econômico da exploração da borracha ocorrida entre a segunda metade do século XIX e início do século XX, onde mais especificamente Brianezi (2018, p. 70) situa esse momento dizendo que “O apogeu da economia da borracha na Amazônia costuma ser delimitado entre 1870 e 1910”, não desencadeou um fluxo migratório perene para Manaus, porque não houve investimento para sua permanência, havendo uma concentração de renda nas mãos de poucos, os chamados barões da borracha.

Com a economia da borracha a partir de 1870 se fortalecendo, Silva Araújo (2009, p. 34) corrobora afirmando que “Neste contexto, a cidade de Manaus passou a comandar, na Amazônia Ocidental, o sistema socioeconômico mercantil extrativista”, pois, para firmar esse fato, passaram a existir rumores de que “Em Manaus, são célebres as imagens de comerciantes vestidos à moda parisiense, apesar do calor local, fumando

charutos feitos com notas de dólares, no largo de São Sebastião, em frente ao requintado Teatro Amazonas” (Brianezi, 2018, p. 71).

Uma elite que despontava poder financeiro e prestígio centralizou para si vultosos lucros com a exportação do produto do látex e quem era desprovido dessas situações só tinha uma forma de tentar ganhar dinheiro nesse ciclo, que era com a venda de seus esforços embrenhando-se na floresta em busca da seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*) (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.).

No entanto, uma análise mais realista, no bojo da situação, o seringueiro era um explorado numa situação semiescravo conforme assinala Becker (2013, p. 28): “O nordestino transformado em seringueiro, como se sabe, submete-se a um regime de servidão semiescravo, cuja remuneração é quase extinta com o pagamento exorbitante dos gêneros que o armazém do seringalista fornece a crédito”.

Para Tocantins (2020), no período áureo da borracha, não houve distribuição harmônica de riqueza, tendo em vista que, no espaço amazônico, contradições entre opulência e modernidade se contrapõem a condições existenciais primitivas. Para o autor:

[...] bem-estar paradoxalmente em nada atingiu às grandes parcelas humanas que foram o esteio da marcha acelerada ao verde (em busca do leite cor de âmbar), verde que lhes atingia de esperança os passos do Nordeste à Amazônia (Tocantins, 2020, p. 183).

Em sua passagem pela Amazônia a serviço do governo brasileiro logo no início do século XX, no ápice da produção da borracha em que a força de atração desse movimento migratório se direcionava para o cerne da exploração do látex da seringueira, Euclides da Cunha narrou com detalhes o que via em relação à vida dos seringueiros vindo do Nordeste nos extremos da exploração do sistema de trabalho e sua condição de vida precária ao se fixar no interior da floresta.

Os seringais que mantiveram por um tempo a ostentação da cidade, Cunha (2011, p. 29) chamou de “paraíso diabólico” no qual eram presos a um regulamento criminoso privado de qualquer assistência que nos dizeres do autor era o homem que trabalhava para escravizar-se. Para ele:

O cearense aventureiro ali chega numa desapoderada ansiedade de fortuna; e depois de uma breve aprendizagem em que passa de brabo a manso, consoante a gíria dos seringais [...] ergue a cabana de *paxiúba* à ourela mal destocada de um igarapé pinturesco, ou mais para o centro numa clareira que

a mata ameaçadora constringe, e longe do barracão senhorial, onde o seringueiro opulento estadeia o parasitismo farto, pressente que nunca mais se livrará da estrada que o enlaça, e que vai pisar durante a vida inteira, indo e vindo, a girar estonteadamente no monstruoso círculo vicioso de sua faina fatigante e estéril (Cunha, 2011, p. 220-221).

É perceptível que o fluxo migratório do Nordeste para a Amazônia teve um destino certo que não era a cidade, mas a profundidade da floresta, longe de qualquer urbanidade ainda que sua intenção fosse de se alojar na cidade, esse migrante não teria espaço para fazer riqueza e de toda sorte o seu entusiasmo dessa riqueza já estava focado a ganhar vultosas cifras com a extração da borracha no interior dos seringais.

Talvez o emprego do termo “exploração” se confunda dentro desse ciclo predatório, pois, ao explorar o recurso advindo do interior da floresta, esse seringueiro era explorado no seu sistema de trabalho, num acerto de contas que nunca fechava entre ele e sempre em favor do senhor do barracão.

No cenário dessa situação, Pereira (2006, p. 79) comenta que “Entre 1870 e 1913 a região viveu um período áureo. [...] e uma multidão de nordestinos sendo explorados até o sangue nos seringais”. Comenta Silva Araújo (2009) que as condições sociais dos seringueiros representavam uma triste realidade, pois além de viver um mundo de ilusão por riqueza, encontravam-se em situação de abandono, em regime de servidão.

Segundo Aguiar (2018, p. 121), “No acerto de contas mensal, entre seringueiros e patrões, a balança pesava mais para o lado do empresário e ficava o empregado, quase sempre endividado”. Nessa lógica de exploração e explorado na região Amazônica, é possível imaginar que esse maior movimento populacional terminava com a fixação no interior da floresta de forma que esse trabalhador ficava incapaz de retornar para sua terra e muito menos se fixar na cidade como Manaus.

A tendência desse movimento de pessoas nesse ciclo econômico seguia a lógica da repulsão e atração estabelecida pela situação natural e social. Assinala ainda Aguiar (2018, p. 121) que “[...] a tendência geral que predominava, então deixavam sua terra pela inclemência da seca e pela falta de meios de sobrevivência, isso logo nos anos iniciais do século XX”.

O que é visto nessa situação é que foi encampada pelo governo uma política estratégica de migração no interior de duas regiões não para fortalecer ou expandir o espaço urbano da cidade, mas de querer resolver dois problemas a qualquer custo que se configuravam na época: livrar o nordestino da seca severa e da pobreza e alavancar a

produção de um recurso natural em que a sua procura estava em alta no mercado internacional.

Enquanto isso, Manaus ainda não estava pronta para uma nova função como capital mundial da borracha. Como descreve Dias (2019, p. 36), Manaus “se apresentava: com porto precário, trapiche de madeira, rudimentares pontes de madeiras no centro da cidade, prédios públicos construídos em ruínas ou construídos fora do estilo que a modernidade exigia, ruas estreitas [...] sem rede de esgoto”. Becker (2013) descreve esse momento de transformação da cidade narrando sobre o antes e o depois:

Ainda em meados do século XIX, Manaus nada tem de cidade. As antigas construções são ruínas; não conta com nenhum edifício público que merecesse tal nome, nem com indústrias e oficinas. A partir de então, os problemas urbanísticos passam a ter atenção, alterando a feição rural da cidade. Pontes de madeira são construídas, ruas são alargadas, água e luz são disponibilizadas, mas a iluminação é ainda à base de manteiga de tartaruga (Becker, 2013, p. 25).

O poder econômico da borracha permitiu que Manaus saísse de um cenário arcaico em direção à modernidade, com nova reorganização do espaço, com ruas bem traçadas e largas para receber toneladas do látex que circulavam em seu interior provenientes dos distantes seringais. Cabe ressaltar que essa “modernidade” foi construída de forma contraditória ao longo do tempo como visto no atual cenário da capital, a partir da qualidade socioambiental com a situação excludente da maioria da população morando em favelas e a intensa degradação ambiental sobre as microbacias.

Para se reportar a Manaus desse momento, Becker e Stenner (2008, p. 105) descrevem que “Foi com o advento do ciclo da borracha, a partir das últimas duas décadas do século XIX, que se operou sua grande transformação em uma cidade dotada dos melhores padrões urbanos da época, como capital regional de extensa área extrativa”.

Nesse processo de mudanças, ocorreu também o aumento populacional ocasionado pela migração “Se em 1852 Manaus contava com uma população de 8.500 habitantes, em 1890 tem sua população ampliada para 50.300, sendo o processo migratório o principal responsável por este crescimento populacional” (Dias, 2019, p. 38).

No período áureo, não foram só nordestinos que vieram, a autora comenta que “Não somente brasileiros de outras regiões vem engrossar a população da capital e do interior em busca de trabalho, mas estrangeiros de diversas regiões do mundo que,

atraídos pelas notícias que correm de nossas riquezas sonhando com novas oportunidades [...]” (Dias, 2019, p. 93).

O processo de transformação que ocorreu na cidade de Manaus induziu ao seu espaço um contingente populacional que elevou o crescimento demográfico que estava associado diretamente à economia gomífera, impulsionado pela Revolução Industrial por meio de crescentes poderes hegemônicos que passavam a dominar a economia mundial. “Navegação a vapor, indústria automobilística, a ascensão da Inglaterra e a seguir dos Estados Unidos como poderes hegemônicos, em substituição à Ibéria, valorizam [...] – a hevea –, inaugurando um novo surto extrativista sob comando mundial” (Becker, 2013, p. 26).

Fruto de uma economia extrativa que parecia revolucionar a um grande patamar financeiro permanente, “a borracha constituiu o maior símbolo do progresso técnico mundial, expresso na circulação do automóvel” (Becker e Stenner, 2007, p. 105), possibilitou “a transformação de Manaus em uma cidade de fisionomia européia” (Rey, 2019, p. 27). Para o viajante que aportasse em Belém ou Manaus, tinha-se a sensação de estar chegando a um grande centro urbano com toda modernidade no interior da floresta, pois:

O sistema ou regime decorrente da exploração da borracha criou, assim [...] princípios de organização econômica e social que além de penetrarem no íntimo das instituições regionais, modalizando um estilo de vida caracterizada pelos próprios de cultura, de inteligência, de sentimentos, de tipos e costumes [...] criando um mundo de coisas essenciais ao progresso e ao bem-estar da espécie humana (Tocantins, 2020, p. 182-183).

Pereira (2006) argumenta que a cidade, em termos de estrutura urbana nada devia às capitais da Europa, no início do século XX estava dotada de porto moderno, eletricidade, transporte (bonde), praças, edificações, atividade artística de grandes companhias estrangeiras e outros.

Nesse cenário migratório, a cidade operava mudanças: os traçados das ruas e a projeção arquitetônica nada tinham a ver com o aspecto natural que lembrasse a imensidão da floresta ou dos rios, Manaus se destacava construindo uma cultura de concreto armado civilizatória europeia. Para Schweickardt (2015, p. 37), “As avenidas e as fachadas seguem a política de embelezamento da cidade, que tinha o interesse de fazer de Manaus uma cidade civilizada em meio aos trópicos”.

Nos idos finais da segunda metade do século XIX e início do século XX, o cenário que se seguiu para expandir o sítio urbano recaiu na parte física da cidade, especificamente sobre os cursos d'água, segundo Schweickardt (2015), a política administrativa foi de aterramento visando às condições sanitárias de saúde, o igarapé do Espírito Santo cedeu lugar para a Avenida Eduardo Ribeiro e o igarapé da Ribeira sumiu e, em seu lugar, foi construído o porto flutuante.

Segundo Dias (2019), foram aplicadas grandes somas em dinheiro não só visando higiene e saneamento, mas o embelezamento da cidade que tinha como mudanças o nivelamento de terrenos, calçamento das ruas, construções de praças e aterramento de igarapés. Comentando que o centro de Manaus é traçado por igarapés, Monteiro (2016, p. 524) diz que “O aterro dos igarapés centrais teve como propósito único evitar a descontinuidade do terreno, que criava o problema oneroso das pontes e oferecia vias de circulação terrestre cansativas e aquáticas perigosas”.

Por meio da lei nº 12 de 1 de outubro de 1892, o poder público determina aterrar vários igarapés. “São eles os dos bairros de São Vicente, Espírito Santo e o da Praça Cinco de Setembro. Em nome do progresso, da modernidade e da funcionalidade, aterram-se os igarapés e com eles antigos costumes do povo” (Dias, 2019, p. 54).

O projeto de mudanças nos ecossistemas hidrográficos estabelecia duas medidas em que “O aterro envolvia cálculo de drenagem e construção de galerias de esgoto” (Schweickardt, 2015, p. 38). Como resultado dessas medidas, pode-se dizer que o que aconteceu na realidade com o que restou do igarapé do Espírito Santo é que esse fluiu debaixo da Avenida Eduardo Ribeiro por uma galeria até desaguar no Rio Negro.

Esse sistema de galerias adotado na época, restrito ao espaço que hoje compreende a Zona Sul ou, mais especificamente, ao centro histórico de Manaus, foi importado da Inglaterra, convertida numa tecnologia que, em vez de aterrar definitivamente o curso d'água, permitia, por meio de um túnel subterrâneo, canalizar o fluxo d'água até desaguar no rio Negro (Figura 6).

Com o passar do tempo do período de apogeu do primeiro ciclo de exploração da borracha, tem-se uma ideia da relação da sociedade da época com os cursos d'água na parte que hoje se constitui o centro histórico. Antes de serem aterrados, eram vistos como focos de doenças e já eram tratados como ambientes insalubres, servindo de depósitos de fezes.

Figura 6 - Galerias subterrâneas construídas pelos ingleses canalizando os igarapés.



Fonte: MANAUS. Plano diretor de drenagem urbana de Manaus (2014a).

Durante bom tempo também, o Rio Negro foi o ambiente que recebia todo lixo produzido e recolhido na cidade, situação não tanto diferente do que ocorre hoje no extenso sítio urbano de Manaus quando se olham os incontáveis igarapés, poluídos e com seu curso canalizado. No entanto, vale destacar que esses incontáveis igarapés eram e alguns ainda são componentes do relevo desta cidade.

Para Grobe (2014), o processo de transformação assentado na visão de modernidade para Manaus tinha os igarapés como representações incômodas e negativas frente ao progresso que se estabelecia.

Esse período áureo que colocou Manaus como a capital da modernidade e do embelezamento arquitetônico, custeado pelo poder financeiro o qual a borracha podia proporcionar para a elite gomífera, representou para os menos abastados uma política habitacional de repressão e exclusão, porque o centro não era realidade para essas pessoas e, de forma impositiva, o estado exigia que os proprietários derrubassem as casas simples e modestas e no lugar construíssem os casarões seguindo os padrões e valores dessa modernidade.

Essa situação de imposição de novas residências é evidente, segundo Dias (2019, p. 100), que “Para as novas avenidas como a Eduardo Ribeiro, as Praças da República, Constituição, XV de Novembro e as Ruas Governador Vitório, Tenreiro Aranha, Tesouro Municipal, exigia-se a obrigatoriedade da construção de sobrados”.

De acordo com o entendimento de Grobe (2014), para atender a modernização da cidade frente ao nível de *status* da elite é determinada uma nova ordem de ocupação urbana na área central. Para tanto, desenvolve-se uma política de exclusão e pressão sobre a camada populacional que não condiz com os padrões.

Sem poder aquisitivo que permitisse construir suas casas na área urbanizada à altura dos valores e padrões da elite, a camada populacional de trabalhadores fora da realidade do projeto de modernidade que o centro exigia, foram forçados a uma

mobilidade para áreas mais afastadas, desvalorizadas e separadas por curso d'água expandindo o espaço urbano com o surgimento de bairros precários que, segundo Dias (2019), estavam segregados a pobreza e vários separados do centro por igarapés tendo como único meio de transporte a catraia. Para a autora:

Os bairros de São Raimundo, Constantinópolis (Educandos), Colônia Oliveira Machado, Cachoeirinha, Mocó e Tocos, este o mais próximo da cidade, mas nem por isso isento de problemas, foram as alternativas da população pobre; os novos bairros que surgem diferenciam-se do “fausto” da cidade, não só pelo aspecto do terreno, pela forma de arruamento, fachadas das casas, pela distância em relação ao porto, às grandes casas comerciais (importadoras-exportadoras), ao mercado, aos hospitais, aos bancos, aos teatros, cinemas etc., também pela distribuição desigual dos serviços urbanos (Dias, 2019, p. 100-102).

Dessa forma, “Os excluídos são afastados da área central e levados para áreas distantes, onde se apropriam dos elementos que já estão excluídos do processo de produção do espaço urbano, os igarapés” (Grobe, 2014, p. 54).

Esse momento histórico se preocupou com uma modernidade que se apresentava contraditória com base na riqueza proveniente da borracha em que o melhor era ostentar com obras vultosas na área urbana, sem se preocupar, de um lado, com a questão social com a exclusão dos menos afortunados e, de outro, com a questão ambiental.

Manaus expressou ares da modernidade com luz elétrica, bondes e sistema de abastecimento de água, contextualizou-se aos moldes das cidades europeias cerne da Revolução Industrial, ostentou luxo e riqueza com os casarões dos barões da borracha, monumentais prédios públicos como a Alfândega, o Palácio da Justiça, o Palácio do Governo e o exuberante Teatro Amazonas, símbolo máximo desse período. “Todas essas sofisticações renderam à Manaus o apelido de *Paris Tropical*” (Silva Araújo, 2009, p. 35). “Eles são os grandes sobreviventes de um período de ostentação” (Dias, 2019, p. 77).

Com isso, de certa forma, o espaço urbano de Manaus não se expandiu consideravelmente, porque perdeu força de atração com a decadência da exportação da borracha que, no dizer de Becker (2013), essa economia não fincou raiz capaz de manter um dinamismo econômico.

Por um lado, registrava maior fluxo de pessoas para os seringais e, por outro, porque também se tinha uma prática de se livrar das pessoas menos favorecidas economicamente que pudessem manchar o cenário de uma cidade que se impunha com aspectos da modernidade, deslocando vários contingentes para os seringais na promessa

de que encontrariam emprego. O estado também, por meio da força policial, foi um estaque demográfico barrando trabalhadores provenientes dos seringais remetendo-os de volta sob a tutela dos seringalistas.

Já na década de 1920, o Brasil começou a sentir os efeitos da concorrência que, de forma mais planejada e desleal, estava ganhando o mercado internacional com maior facilidade de entrega em larga escala do produto vindo do látex para o mercado internacional. Esse enfraquecimento e perda de mercado são entendidos como:

Planos e projeto de valorização e defesa da borracha brasileira no mercado internacional foram tímidos e não tiveram resultados porque tinham foco na situação do mercado e não nos condicionantes da produção. Ademais, o governo central tinha atenção voltada para a proteção da economia cafeeira do Centro-Sul, já que esta tinha mais relevância política (PEREIRA, 2006, p. 85).

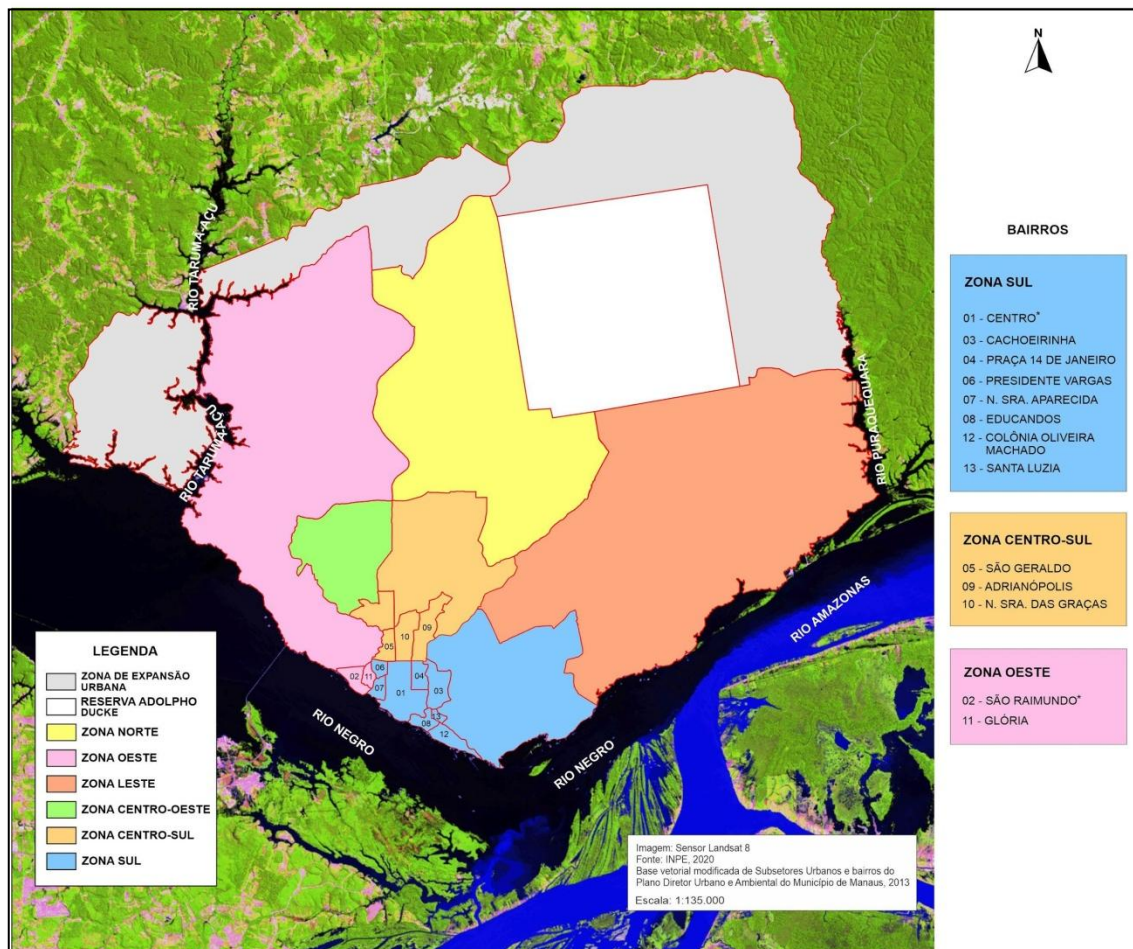
No cenário econômico, a crescente competitividade dos seringais asiáticos e a falta de incentivo do governo federal deixou a economia amazonense fragilizada, um rápido apogeu que só deu tempo de a capital se urbanizar e se resumir em obras como prédios históricos, aterramento de alguns igarapés e construções de algumas pontes restritas, principalmente, da área central da cidade.

Com sua estratégia, os asiáticos surpreenderam o mundo amazônico que vivia na euforia da exploração da borracha: “Não houve tempo, entretanto, para solidificar essa situação que apresentava índices e crescimento espetaculares” (Tocantins, 2020, p. 187).

De forma lenta, sem alavancar uma economia perene que atraísse grande contingente populacional permanente, a cidade de Manaus ficou resumida espacialmente a área de maior investimento que corresponde ao centro histórico com seus prédios luxuosos, estendendo-se para os bairros sem infraestrutura dos serviços urbanos como: Cachoeirinha, Praça 14 de Janeiro, Presidente Vargas, Nossa Senhora Aparecida, Educandos, Colônia Oliveira Machado e Santa Luzia (Zona Sul), São Geraldo, Adrianópolis e Nossa Senhora das Graças (Zona Centro-Sul), além do bairro da Glória (Zona Oeste), todos correspondentes as atuais zonas administrativas da cidade (Figura 7).

Devido a essa situação, o Estado do Amazonas entrou em um período de estagnação econômica, segundo Rey (2019, p. 29) “[...] nada mais geravam além de caos econômico e social e tentativas de migração econômica para a agricultura de subsistência”.

Figura 7 – Bairros de Manaus existentes no Primeiro Ciclo da Borracha conforme visualizados na atual divisão administrativa.



Fonte: Roselito Carmelo (2022) organizador.
 Bairro anterior ao Ciclo da Borracha*.

Nesse cenário, estabeleceu-se “[...] um longo período de decadência só com uma breve recuperação com a campanha do ‘soldado da borracha’, entre 1940 e 1945, período da II Guerra Mundial” (Aguiar, 2018, p. 122). Esse momento da campanha do soldado da borracha se constituiu no segundo ciclo econômico da borracha.

A paisagem urbana do período ficou apenas como simbolismo de uma época áurea. Em uma reflexão mais detida, Carlos (2009, p. 36) define que “A paisagem urbana é a expressão da ‘ordem’ e do ‘caos’, manifestação formal do processo de produção do espaço urbano colocando-se no nível do aparente e do imediato”.

Costa (2014, p. 109-110) sinaliza que “É certo que o projeto urbano que impôs as feições de capital da borracha não elencou como prioridade das reformas a população trabalhadora imigrante ou nativa”.

Com essa situação em que o Brasil perdeu mercado para venda da borracha no exterior, a massa de trabalhadores não migrou para as cidades, Santos (2019) comenta

que, de forma dispersa, formando núcleos isolados, ocorreu um povoamento ribeirinho praticamente sem articulação comercial, impossível de alavancar qualquer produção.

Em Manaus, tem-se o registro de ocupação pontual de nordestinos realizado por movimentos não contínuos de pessoas. Segundo o Jornal do Comércio (2006), os primeiros habitantes formadores do bairro de Nossa Senhora Aparecida foram migrantes nordestinos vindos no final do século XIX, com o declínio da extração do látex, não tiveram recurso para retornar ao Nordeste.

Parte da formação do bairro da Chapada tem participação nordestina onde os homens seguiam para os seringais, deixando suas mulheres e crianças morando nessa área. Também no bairro Nossa Senhora das Graças, com o término do segundo ciclo da borracha, ocorreu uma invasão de paraibanos vindo dos seringais em busca de melhores condições de vida.

Conforme Pereira (2006, p. 85), “[...] parte da população mais ligada à economia da borracha se transferiu para outras regiões do país, parte se rearticulou em torno de um comércio regional de produtos extrativos e outra parte se transferiu para o interior”. Para Aguiar (2018, p.122), “Os seringueiros foram deslocados para exploração de madeira, atividade que perdurou por alguns anos.

Assim, nesse grande momento econômico que se fechou por desinteresse de forças externas comandado pelo poder hegemônico do capitalismo, o espaço urbano de Manaus se expandiu marcado por contradições socioambientais, ampliando sua área em parte para a Zona Sul, estendendo-se para a Zona Centro Sul e uma mínima parte para a Zona Oeste consolidando seu território com 11 bairros (Quadro 8).

Quadro 8 - Bairros de Manaus classificados por data de criação durante o Primeiro Ciclo da Borracha.

Bairro	Data criação	Zona Geográfica
Cachoeirinha	1892*	Sul
Praça 14 de Janeiro	1892*	Sul
São Geraldo	1893*	Centro-Sul
Presidente Vargas	1894*	Sul
Nossa Senhora Aparecida	1895*	Sul
Educandos	1901*	Sul
Adrianópolis	1901*	Centro-Sul
Nossa Senhora das Graças	1910*	Centro-Sul
Glória	1912*	Oeste
Colônia Oliveira Machado	1915*	Sul
Santa Luzia	1920**	Sul

Fonte: Roselito Carmelo (2021) organizador.
Jornal do Comércio (2006)*. Barbosa (2009)**.

E no espaço de tempo que se seguiu correspondente à estagnação econômica entre o primeiro e segundo ciclo da borracha (1920-1939), surgiram apenas três bairros ocasionados por movimento interno em Manaus e por fluxo migratório de seringueiros remanescentes vindo do interior, em 1923, na Zona Sul, surgiu o Morro da Liberdade (JC, 2006) e, em 1930 e 1938, de acordo com Lei nº 1.401, 2010, respectivamente, surgiram na Zona Leste o bairro Colônia Antônio Aleixo e o bairro do Parque Dez de Novembro, na Zona Centro-Sul.

Nesse cenário, é possível observar que, nos 19 anos que se passaram, o efeito provocado pelo deslocamento do capital externo para outra região do mundo que deixou em colapso toda uma região com as finanças enfraquecidas incapaz de aguçar nesse ínterim qualquer movimento migratório de proporção, capaz de promover a continuidade da expansão urbana de Manaus ao ritmo que vinha ocorrendo.

É possível constatar por meio dos estudos de Santos (2019) como aconteceu esse colapso econômico que refletiu diretamente na vida urbana da cidade de Manaus e ocasionou a tímida expansão ao longo desses anos, tem a ver com os seringais da Malásia, que devido,

[...] as novas técnicas de cultivo não ficaram estagnadas, mas trataram de melhorar nos anos que se seguiram. Nada se poderia comparar, no sistema extrativista e mercantil da atividade gumífera (sic) da Amazônia, de base empírica, com os processos científicos, a organização moderna e os estilos avançados da heveicultura asiática (Santos, 2019, p. 266).

Nesse sentido, com planejamento técnico-científico e experimentos laboratoriais, foi possível alavancar e transformar uma região do outro lado do planeta que não tinha em seu ecossistema espécies nativas da seringueira, em grande produtor mundial da borracha, destruindo um sistema econômico (de aviamento) detentor primário da espécie vegetal, pondo em crise o interior da Amazônia e a falência do dinamismo socioeconômico em Manaus.

1.1.2 O Segundo Ciclo da Borracha

Na década de 1940, começa a se desenvolver um novo momento com maior presença do Governo Federal, que visualizava um processo de integração com as outras áreas geográficas do país, objetivando reduzir as desigualdades entre as regiões e tentar

resgatar a Amazônia do marasmo econômico ocasionado pela decadência do primeiro ciclo da borracha.

Várias ações foram realizadas, agências e instituições foram criadas no interior da capital do Estado do Amazonas, conforme ressaltam Beltrão e Beltrão (199-) e Pereira (2006), ainda na década de 1940, numa tentativa de suporte à exploração da borracha surge o Banco de Crédito da Borracha (BCB).

A tomada dessa iniciativa estatal surge com a deflagração da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), “Novamente, houve uma revitalização dos seringais e um novo mercado apareceu com a II Guerra Mundial” (Aguiar, 2018, p. 122).

O que se seguia era que o mercado asiático ficou impedido de fornecer a borracha e colocou novamente o Amazonas como fornecedor dessa matéria-prima para os países aliados que necessitavam de suprimentos, principalmente para fabricação de pneus. Isso ganhou projeção com a participação norte-americana que precisou de grande demanda do produto.

Nesse período, verificou-se novamente um fluxo migratório proveniente do Nordeste com o forte apego ao momento do conflito graças à divulgação pelos meios de comunicação de massa de que havia a forte presença do estado com apoio desde o abastecimento alimentício até a jornada de trabalho regulamentado conforme a legislação trabalhista.

Esse contingente ora recrutado pelo governo foi então denominado “soldados da borracha” em alusão à guerra em curso em que era preciso naquele momento novamente abastecer os países aliados na frente de combate. “Nesse novo período, numerosas levas de nordestinos retornaram à selva amazônica [...] estimulado por medidas do governo federal e pelos acordos bilaterais entre Brasil e Estados Unidos” (Aguiar, 2018, p. 123).

Esse estímulo que se aventava estava por conta de que, segundo Aguiar (2018), os Estados Unidos entraram nesse conflito da Segunda Guerra, e o seu principal fornecedor asiático foi impedido de fornecer a borracha, gerou um gigantesco mercado de procura e o Brasil passou a ser novamente o principal fornecedor do produto para suprir a indústria da guerra que necessitava do látex para produção de pneus e demais utensílios bélico.

Para garantir a extração da borracha prometido junto ao mercado norte-americano, o governo brasileiro realizou alguns artifícios de estímulo para que os migrantes nordestinos acreditassem “[...] que conseguiriam refazer suas vidas em bases mais seguras, uma vez que, além de arcar com os custos financeiros da viagem para a

Amazônia, o Estado prometia encetar novos planos de colonização da região” (Guillen, 1997, p. 96). Ainda segundo a autora, o governo dos Estados Unidos garantiu recursos financeiros, objetivando ao aumento da produção de forma extensiva.

Tinha-se promessa aos trabalhadores arregimentados “a construção de hospedarias com serviços médicos. [...] e uma rede de transporte para levar os nordestinos migrantes para os seringais” (Guillen, 1997, p. 96-97).

Entre todas essas vantagens,

[...] elaborou-se uma propaganda em que se prometia ao migrante amparo estatal, através da assinatura de um contrato de trabalho que, em linhas gerais, atacava o sistema de aviamento, responsável pela escravidão do seringueiro ao barracão, e um auxílio monetário para a família que ficava, além de dispensar todas as despesas com a viagem (Guillen, 1997, p. 97).

Com essa atitude do apoio governamental, mascaravam-se, nos seringais, as verdadeiras condições de penúria dos trabalhadores nordestinos, sendo uma estratégia para encobertar a situação de mortalidade e fugas e, ao mesmo tempo, manter os seringais abastecidos dessa mão de obra.

No final desse episódio econômico, o que se verifica é que o seringueiro novamente foi o explorado, conforme se constata que:

Desse modo, a campanha da Batalha da Borracha forjou a imagem de um trabalhador protegido, em primeiro lugar pela legislação, através de um contrato de trabalho que seria supostamente e de pronto cumprido pelos seringalistas; e, em segundo lugar, pela onipresença do Estado Novo [...] (Guillen, 1997, p. 97).

O que se seguiu nesse momento era um conflito mundial de confronto de soldados em campo de batalha de forma planejada com estratégia de vencer o inimigo no continente europeu. Por outro lado, aqui no Brasil foi recrutada com incentivo do governo nova frente de batalha com trabalhadores para exploração do látex no interior de uma parte da vasta floresta amazônica.

Para incorporar os soldados da borracha, essa segunda leva de migrantes saiu de Pernambuco, Paraíba, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará, formando um movimento migratório com o mesmo propósito do que aconteceu em períodos anteriores para outras regiões no Brasil, sempre em busca da exploração dos recursos naturais e riqueza, para Beltrão e Beltrão (199-, p. 22),

O ciclo da borracha apenas repetiu outros movimentos históricos da população brasileira, sendo que tal movimento vinha garantir a ocupação da Amazônia Meridional e Ocidental, deslocando o eixo demográfico histórico do rio Negro para os rios Madeira, Purus e Juruá. (Beltrão e Beltrão, 199-, p.22).

No cenário que se configurou na época, pode-se dizer, em uma analogia, que ocorreu um recrutamento dos soldados da borracha vindos do Nordeste para travar uma luta novamente sem estratégia, em que seu campo de batalha, a floresta amazônica, seus inimigos, o abandono, as intempéries da selva e longa procura da seringueira, seu objetivo, extrair o máximo do látex, sua conquista, enriquecer.

Porém, com o término da guerra e seus efeitos, todo aquele discurso de total apoio e proteção do estado quando recrutava os nordestinos em seus lugares de origem ficou só ao nível teórico, porque na prática se constituiu novamente em desilusão “[...] nunca saiu das cidades e nem chegou próximo a um seringal” (Guillen, 1997, p. 98). Medicamentos de distribuição gratuita ao combate à malária eram vendidos aos seringueiros, pois, nos seringais, não havia fiscalização do governo.

Mais uma vez sem planejamento adequado e incentivo que pudesse assegurar de forma definitiva sua exploração e garantir de forma permanente ao mercado internacional, a produção asiática mais competitiva enfraqueceu a exportação amazônica e novamente retomou à estagnação: “Com o final da guerra o interesse internacional pela borracha da Amazônia acabou e a região retornou ao isolamento e a economia de subsistência” (Pereira, 2006, p. 87). O Estado com sua capital, símbolo de um período, vivenciaram anos de marasmo econômico novamente.

Para Beltrão e Beltrão (199-, p. 23), “Com o colapso da borracha, muitos dos sobreviventes dessa fronteira humana regressaram ao Nordeste [...], ou se deixaram ficar estabelecendo-se na calha principal do rio Solimões, médio e baixo Amazonas”. Com o fim da produção extrativa no interior, viu-se uma população ociosa baseada na produção de subsistência sem condição financeira e sem qualificação que lhe pudesse permitir procurar emprego e melhoria de vida nos grandes centros urbanos.

Quanto ao cenário do término da segunda tentativa de exploração da borracha, assim define Pereira (2006):

O fim da segunda Guerra Mundial representou, também, o término da segunda batalha da borracha. A tentativa de reviver o grande ciclo perdido não teve prosseguimento e os seringais da Amazônia, novamente, entraram em declínio e nunca mais recuperaram seu prestígio econômico (Pereira, 2006, p.90).

Para Guillen (1997), o trabalho intenso em torno da batalha da borracha começa a declinar a partir de 1944 pelo efeito do final da guerra, mas um ponto principal que se leva em conta do desinteresse é pelo fato de a borracha natural estar em franco processo de substituição pela borracha sintética.

Nesse desfecho, o que se observa em relação ao que foi veiculado pelo governo nessa nova demanda exigida pelo capital internacional sob o poder hegemônico dos Estados Unidos, para recrutar novamente a mão de obra nordestina que antes já fora semiescravidada era de que “Afinal, esta nova Amazônia, a terra prometida, finalmente cumpriria seu grande papel de acolher o povo escolhido, o migrante nordestino” (GUILLEN, 1997, p. 100).

Porém, igual como aconteceu no período anterior, “Os trabalhadores foram abandonados na selva, sem experiência, e, ao contrário do que dizia a propaganda, sem assistência, saneamento e abastecimento alimentar. [...] O sonho de uma nova era da borracha tinha terminado em pesadelo” (Guillen, 1997, p. 101).

Mediante a estagnação produtiva da borracha na Amazônia, estacionada sem força de alavancar um movimento populacional que pudesse efetivamente povoar a região e manter uma economia forte “[...] muitos habitantes abandonaram a região. Quem ficou nos municípios e vilas rurais passou a se dedicar ao extrativismo variado (coleta, caça e pesca), à roça e às criações” (Brianezi, 2018, p. 72).

A batalha da borracha teve um apego muito intenso de cunho patriótico comparado aos pracinhas da Força Aérea Expedicionária, pois os soldados da borracha lutavam para vencer a batalha da produção e suprir o mercado externo (Guillen, 1997). Por esse engajamento, segundo a autora, ganharam o *status* de combatentes de guerra.

De forma geral, esse segundo episódio econômico teve o lado positivo de proteção à região durante a estagnação da economia da borracha, pois, conforme as narrativas de Goodland e Irwin (1975, p. 39) indicam como ocorreu essa proteção, segundo eles “O isolamento e ausência de atividade comercial contribuíram em larga escala para proteger a Amazônia, no período que vai de 1914 até cerca de 1960”.

A riqueza econômica gerada pela exploração da borracha não foi só altamente centralizadora e efêmera, como também não permitiu o desenvolvimento regional capaz de criar uma matriz que pudesse consolidar uma Amazônia industrial urbana com força de manter com identidade própria as cidades sedes Belém e Manaus com uma economia perene, ao ponto de exercerem seus papéis como na época da borracha, como centro

administrativo financeiro e de exportação para os grandes centros consumidores da Europa e Estados Unidos.

Essas duas cidades, que centralizaram o capital financeiro desse momento econômico foram meras expectadoras da elite da borracha que acumulou riquezas vindas desse único produto e sem investimentos em outros setores econômicos que possibilitassem inúmeras prestações de serviços e novas frentes de trabalhos, ficaram também paradas economicamente no tempo.

Nesse contexto da passagem dos dois ciclos da borracha, só o primeiro teve influência para o crescimento populacional de Manaus, mas não força suficiente para sustentar um crescimento ascendente de maneira que a cidade fosse impulsionada a se expandir formando outras zonas geográficas com potenciais impactos sobre as formas de relevo e as microbacias.

De maneira repentina em um curto período de tempo, o segundo ciclo teve maior repercussão entre 1942 e 1945, mas também não foi suficiente para consolidar e ocasionar grandes transformações na expansão do sítio urbano de Manaus a não ser com a criação do bairro do Aleixo (Zona-Centro Sul) em 1942. Segundo o JC (2006), o Aleixo surgiu do antigo depósito de resíduos da prefeitura de Manaus que, sem apoio do governo, os moradores foram abrindo as primeiras ruas e, em pouco tempo, outras várias pessoas invadiram o local.

Novamente, igual à situação econômica anterior os anos posteriores ao fim do segundo ciclo econômico entre 1947 e 1964, ou seja, 17 anos de uma monetização parada, surgiram em Manaus nove bairros dos quais a maioria na Zona Sul: São Francisco, Crespo, São Lázaro, Petrópolis, Betânia e Raiz, dois na Zona Oeste: Santo Antônio e São Jorge e um na Zona Centro-Sul: Chapada (Quadro 9).

Quadro 9 - Bairros de Manaus classificados por data de criação que surgiram durante o marasmo econômico entre 1947 e 1964.

Bairro	Data criação	Zona Geográfica
São Francisco	1947* **	Sul
Crespo	1950* **	Sul
Santo Antônio	1950* **	Oeste
São Jorge	1950* **	Oeste
São Lázaro	1950* **	Sul
Petrópolis	1951*	Sul
Chapada	1958*	Centro-Sul
Betânia	1964*	Sul
Raiz	1964*	Sul

Fonte: Roselito Carmelo (2021) organizador.
JC (2006)*. Lei nº1.401, de 14 de janeiro de 2010***.

Os bairros que foram surgindo ao longo desses 17 anos foram resultados de ocupações oriundas, em sua maioria, de invasões sem a presença do estado na organização e planejamento urbano com sérios problemas de infraestrutura, saneamento básico, com carência de abastecimento de água e luz elétrica, geralmente se constituíam em áreas distantes em relação ao centro da cidade urbanizada.

Com a ausência de rede de esgoto ou de um sistema de drenagem eficiente, quase sempre no período de maior índice pluviométrico são constantes as alagações que se repetem até os dias atuais, devido ao transbordo do igarapé sobre a planície de inundação ocupada por famílias carentes destituídas de recursos financeiros e pela ausência do poder público nos serviços de saneamento básico.

Como exemplo dessa situação, segundo o JC (2006), é o Bairro da Betânia onde a população invadiu até as áreas impróprias à moradia como as margens do igarapé do Quarenta que, no início da década de 1970, já causava considerável degradação no leito do curso d'água. Essa situação também é presente nos demais bairros pertinentes a essa época apresentando forma de ocupação irregular se estendendo sobre a modelação dos platôs sem serviço de terraplanagem, habitando as áreas de encosta dos interflúvios até atingir os fundos dos vales.

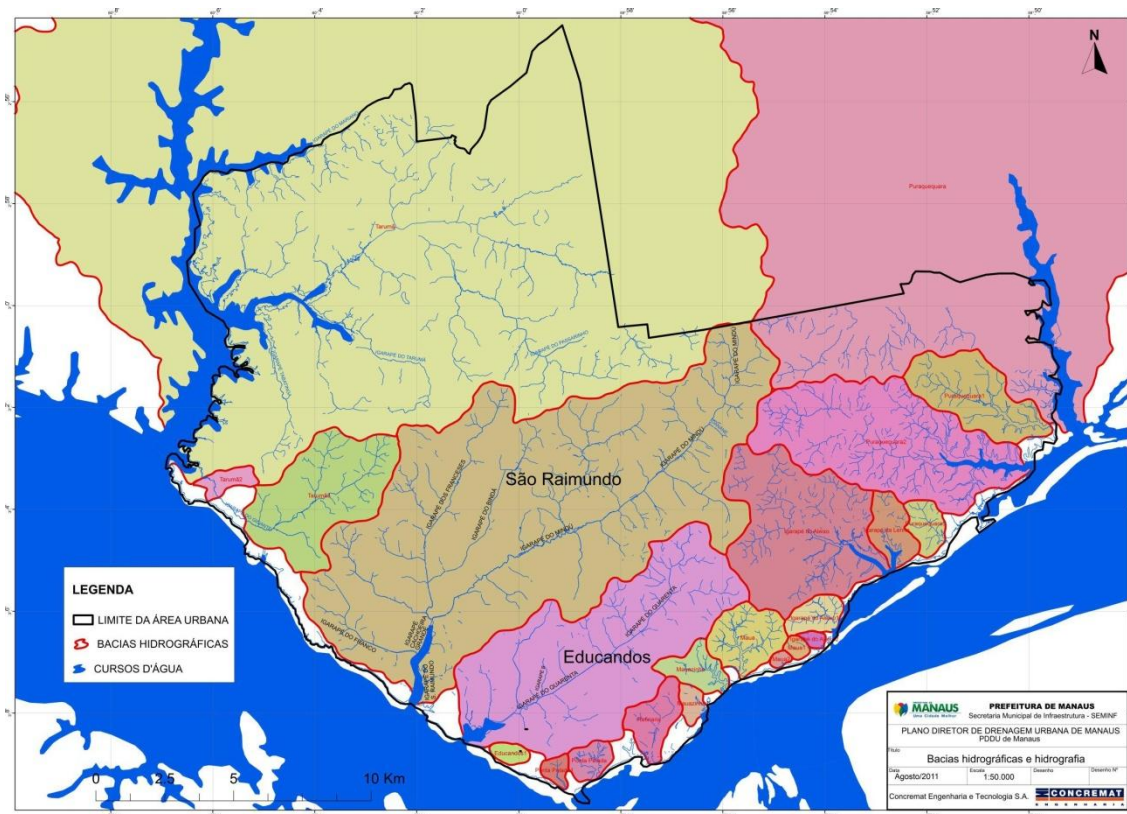
A expansão do sítio urbano desse momento de estagnação se estendeu sobre o baixo curso da bacia do São Raimundo e Educandos. Os bairros do Santo Antônio e São Jorge alcançaram o igarapé do Franco afluente do igarapé do São Raimundo na Zona Oeste. Na Zona Centro-Sul, o bairro da Chapada se estendeu sobre o baixo curso do igarapé do Bindá, afluente da margem esquerda do igarapé dos Franceses e este logo em seguida desagua no Igarapé da Cachoeira Grande, são cursos d'água degradados formadores da bacia do São Raimundo (Figura 8).

Porém, cabe ressaltar que posterior à decadência econômica da borracha, muitas famílias migraram das cidades interiorana e sem poder aquisitivo para morar na área urbana e ao mesmo tempo estar próximo do centro foram se aglomerando e construindo suas casas formando um verdadeiro bairro flutuante na orla fluvial. Um cenário atípico à expansão do sítio urbano da cidade que se desenvolveu em frente da fachada ribeirinha do Rio Negro na década de 1950.

Surgiu a cidade flutuante, um fenômeno social demográfico, ao contrário de ser na área urbana se desenvolveu sobre as águas do Rio Negro (SOUZA, 2016). Era um aglomerado de casas flutuando sobre a água, disperso em frente onde hoje é a Manaus Moderna. Segundo Souza (2016), viviam 12 mil pessoas em, aproximadamente, 2 mil

casas que se estendiam entre a foz da bacia do São Raimundo e do Educandos. Conforme o autor, eram habitações em sua grande maioria coberta de palha e outras em alumínio com paredes de madeira assentadas sobre tora de madeiras flutuantes.

Figura 8 – Mapa das bacias hidrográficas da área urbana de Manaus com ênfase na bacia do São Raimundo e Educandos.



Fonte: Roselito Carmelo (2021). Modificado do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus (2014a).

Definida como um grande problema social e, de acordo com Souza (2016), representava o velho e o antiestético, era incompatível com a arquitetura *art nouveau* do período da borracha e contraditório ao novo da modernidade industrial que se iniciava com a ZFM, o governo de Arthur Reis empreendeu a sua retirada a partir de 1964 pondo em extinção em 1967. Com a demolição das casas, os moradores foram se alojando nos inúmeros bairros da cidade sem infraestrutura, muitos ocupando áreas de risco como a planície de inundação dos igarapés e área de encosta.

Dessa forma, a partir da visão atual sobre o espaço urbano de Manaus, principalmente com os olhares sobre a área central que, no período áureo da borracha, floresceu rica e seletiva elite o que mais se tem presente da época é um espaço cristalizado no tempo e que ficou restrito ao centro histórico, uma pequena porção do

sítio urbano de Manaus representado na parte física pelas edificações de um período que Barbosa (2019), em seu texto para a revista *Amazônia Latitude Review*, expressa da seguinte forma:

Já não há mais a riqueza da borracha, daquela época há ruínas, alguns casarões mal-conservados que ainda resistem ao tempo em Belém e Manaus, ou perfazem o que Foot Hardman inclui como poética das ruínas, pelo signo do atraso, ainda do isolamento e até mesmo da solidão (<https://amazonialatitude.com/2019/07/24/amazonia-do-paraiso-perdido-a-primavera-silenciosa/>).

E de uma visão abrangente do período da última decadência econômica para se resgatar os fatos diante de uma economia estagnada para fazer diferente das décadas anteriores, o Amazonas passou a vivenciar sob interferência direta do governo federal frente às tentativas estratégicas de restabelecer a economia e possível ocupação da Amazônia.

Pereira (2006) comenta que, na década de 1950, é criada a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), “a qual aplicou na região três por cento do total dos impostos recolhidos em todo Brasil” (Goodland e Irwin, 1975, p. 39), foi criado também o Banco do Estado do Amazonas (BEA) como suporte aos financiamentos de projeto no Estado e, na década de 1960, os processos de institucionalização se intensificam preparando espaço para a criação da ZFM.

A SPVEA se transforma na Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), surge a Superintendência do Desenvolvimento da Borracha (SUDHEVEA), órgão responsável direto ao apoio do cultivo da seringueira. É evidente que a ação mais presente do Governo Federal com apoio institucional criou as bases para realização de grandes projetos e um novo momento de exploração que, posteriormente, com a implantação da ZFM, reacendeu o movimento populacional de povoamento na Amazônia.

No entanto, com tais medidas e o estabelecimento de grandes projetos, principalmente de mineração, fez com que surgissem tensões e conflitos sociais seguido da degradação ambiental. Para Goodland e Irwin (1975), com o Programa de Integração Nacional (PIN) em 1970, foi iniciada a construção da Transamazônica seguida de outras rodovias o que não tardou uma generalização de problemas ambientais.

1.2 ZONA FRANCA DE MANAUS, EXPANSÃO URBANA, OCUPAÇÕES IRREGULARES E A QUALIDADE AMBIENTAL DAS MICROBACIAS

Como descrito anteriormente, a construção do espaço urbano de Manaus é vista na dimensão temporal a partir de três momentos importantes, segundo Pereira da Costa e Schmitt (2010), o primeiro com o ciclo da borracha finalizado em 1920, o segundo com a retomada durante a Segunda Guerra e o terceiro com a criação da Zona Franca e o Polo Industrial de Manaus (PIM) que se estende até os dias atuais.

Esse terceiro momento permitiu “[...] assim que a cidade passasse novamente a ser idealizada como o lugar das oportunidades, tornando-se grande polo atrativo para os que almejavam conquistar melhores condições de vida” (Barbosa, 2009, p. 62).

Promoveu um rápido crescimento populacional no interior da cidade que forçou uma expansão sem planejamento sobre os diversos vetores geográficos, sem que ocorresse uma política habitacional eficiente para atender a demanda e, em poucas décadas, em decorrência desses fatores, os cursos d’água formadores das microbacias foram degradados e ainda continuam sendo degradados na medida em que vão fazendo parte da área urbana.

Podemos dizer que esse terceiro momento com a ZFM gerou dados matemáticos que não se fecham na linha do tempo socioambiental por seguirem dimensões inversas, pois, por um lado, na medida em que a população cresce, por outro, a qualidade ambiental das microbacias decresce devido à forma de ocupação e uso da terra sem planejamento.

1.2.1 Expansão urbana na Zona Franca de Manaus

Como se configurou desde o primeiro ciclo da borracha como parte central do sistema de distribuição do produto para o mercado externo, o espaço urbano da capital é resultado direto dessa dinâmica refletindo nos aspectos socioeconômicos que impulsionaram a expansão da cidade, mas nenhum momento se compara no processo de urbanização ao crescimento demográfico com a implantação da ZFM, pois,

[...] o longo período de estagnação econômica de Manaus, seguido de um crescimento explosivo e desordenado, decorrentes da urbanização acelerada se tornam especialmente notórios a partir da criação da Zona Franca de Manaus - ZFM, através do Decreto-Lei nº 288, de 28/02/1967. Foi um momento importante para o processo de desenvolvimento do Estado do

Amazonas, que passou a atrair grandes números de pessoas oriundas da área rural e de outros estados, atraídas pelas expectativas de emprego e melhores condições de vida em geral resultantes da instalação da Zona Franca de Manaus (MANAUS, 2014a, p. 31).

Com a estruturação da ZFM, ocorreu uma nova transformação da força produtiva no interior do Amazonas fortemente gerenciado pelo modelo de nova divisão do trabalho que surgiu na capital com a implantação do Distrito Industrial (DI) e pelo efervescente comércio de produtos eletroeletrônicos que exigiram novos papéis na força de trabalho. De certa forma, não se tinha no momento qualquer outra fonte atrativa que não fosse a ZFM/PIM para atrair um intenso e desproporcional fluxo migratório que viria aumentar o número de habitantes em Manaus (Costa, 2021).

Por um lado, as cidades interioranas não tinham poder econômico para manter uma força de trabalho que se encontravam abandonadas pela falta de investimentos, por outro lado, se sentiram atraídos pelo processo de transformação que centralizava em Manaus um “sonho possível” com melhor acesso à área da saúde, educação, moradia e, principalmente, emprego que lhe proporcionasse melhores condições de vida. Conforme Costa (2021), para os migrantes o PIM oferecia trabalho com mudança de vida com menos esforços sem sofrimento com perspectiva de melhor serviço de saúde e renda melhor do que eles tinham nos seus locais de origens.

A nova frente de trabalho em expansão na capital acomodou no interior das fábricas no DI uma mão de obra desqualificada por ter saído de um mundo rural baseado na experiência empírica da produção primária e, automaticamente, estavam sendo inseridos atrás de uma linha de produção para montagem de peças de produtos eletrônicos. Em análise relacionada a essa mudança econômica, Pereira (2006, p. 57) argumenta que “A Amazônia teve seu estado de natureza rompido prematuramente, inserindo-se diretamente no contexto da economia internacional”.

A força motriz da indústria e comércio que permitiu mudar acentuadamente o espaço geográfico do Amazonas promoveu uma desigual distribuição populacional, por um lado, o esvaziamento das cidades interioranas, e, por outro, o “inchaço” urbano da cidade de Manaus. Giatti *et al.* (2015, p. 64) corroboram ao afirmar que “Essa disparidade entre interior e capital resulta em elevada pressão migratória e na tendência a que a cidade continue a crescer demograficamente além da sua capacidade de prover boas condições de vida à sua população”. Enfatizam os autores que a industrialização dinamizou a capital, mas esvaziou o interior e sua capacidade de empreender.

Essa nova fase econômica de um suposto desenvolvimento esvaziou a zona rural por meio de um processo migratório em que parte significativa da população culminou com o elevado crescimento populacional em Manaus. Esse cenário é visto como resultado da política administrativa implementada de fora para dentro da região sob a responsabilidade direta do governo federal que se configurava sob um regime militar ditatorial e orientado por um projeto geopolítico, segundo a fala de Gonçalves (2012):

De fato, o modelo de desenvolvimento que se abateu sobre a Amazônia a partir dos anos 60 se fez a partir de uma íntima associação de interesses dos grandes capitais nacionais e internacionais, guiado por um projeto geopolítico da lavra de gestores territorialistas civis e militares e com suporte das agências multilaterais de fomentos ao desenvolvimento (Gonçalves, 2012, p. 113).

Quando o autor comenta como territorialista, significa dizer que os investimentos se concentraram na capital devido a ZFM caminhar por um viés orientado pelo capital que se configurava no processo de industrialização, porque, segundo Gonçalves (2012), anterior a esse período, o padrão de organização do espaço estava ligado à hegemonia do capital comercial com a exploração direta dos recursos naturais.

Nesse sentido, a migração para a cidade que esvaziou o interior revelou uma nova face do capitalismo que precisava de mão de obra no interior das fábricas, atrás das linhas de montagens, nessa situação, a cidade de Manaus ficou dependente dos produtos primários e alimentícios, no entanto essa situação foi resolvida com abastecimentos por meios dos investimentos vindos de capital nacional com a instalação de redes de supermercados e, posteriormente, Shopping Centers recebendo produtos e gêneros de primeira necessidade vindo principalmente da região Sudeste e do Sul do país.

A ZFM/PIM, com o comércio de produtos eletroeletrônicos e com abastecimentos de produtos diversificados vindos das regiões mais desenvolvidas do país colocou Manaus dentre os 62 municípios que compõem o Estado do Amazonas como um caso atípico quanto ao seu crescimento populacional, expansão do sítio urbano e à grande oferta de serviços e emprego.

Tornou-se forte polo atrativo de mão de obra barata, principalmente, quando atingiu seu ápice no período registrado no censo de 1970 e 1980, neste último a população em Manaus dobrou a um cenário de “explosão demográfica”, com fluxo

migratório intenso até mesmo da zona rural de Manaus que em 1980 a população era de 21.540 em 1991 contava apenas com 4.916 habitantes (IBGE, 2010a).

Esse cenário se consolidou ao longo do tempo por movimentos migratórios impulsionados pelos momentos econômicos. Na série histórica do censo demográfico do IBGE (Sinopse do Censo Demográfico, 2010b) para a cidade de Manaus, observa-se que, em 1872, a população era de 29.334 habitantes, em 1890 computava 38.720, em 1900 passou para 50.300, no ano de 1920, foi para 75.704, em 1940, era 106.399, já, em 1950, somava 139.620.

A partir de 1960, com a implantação da ZFM, a população passou a registrar a cada censo números ascendentes de 175.343 nesse início de década, chegou em 1970 ao patamar elevado de 314.197 habitantes, em 1980, a população dobrou para 642.492, em 1991, já contava com 1.010.544, em 2000, atingiu 1.403.796 pessoas e, no último censo de 2010, Manaus contava com 1.802.014 habitantes (Tabela 1). Em 2020, a estimativa populacional era de 2.219.580 habitantes (IBGE, 2021a).

Tabela 1 – Crescimento populacional em Manaus durante os ciclos econômicos de acordo com o Censo Demográfico.

	1º Ciclo da Borracha no Censo				2º Ciclo da Borracha no Censo	Zona Franca de Manaus no Censo				
Ano	1872 ¹	1890 ¹	1900 ¹	1920 ¹	1950 ¹	1970 ²	1980 ²	1991 ³	2000 ³	2010 ³
Pop.	29.334	38.720	50.300	75.704	139.620	314.197	642.492	1.010.544	1.403.796	1.802.014
T.C.%	–	32%	29,91%	50,50%	31,22%	79,18%	104,48%	57,28%	38,91%	28,36%

Fonte: Roselito Carmelo, (2021) organizador. Fonte de dados: IBGE (2010a), Censo Demográfico 1872, 1890, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.

(1) População presente. (2) População recenseada. (3) População residente.

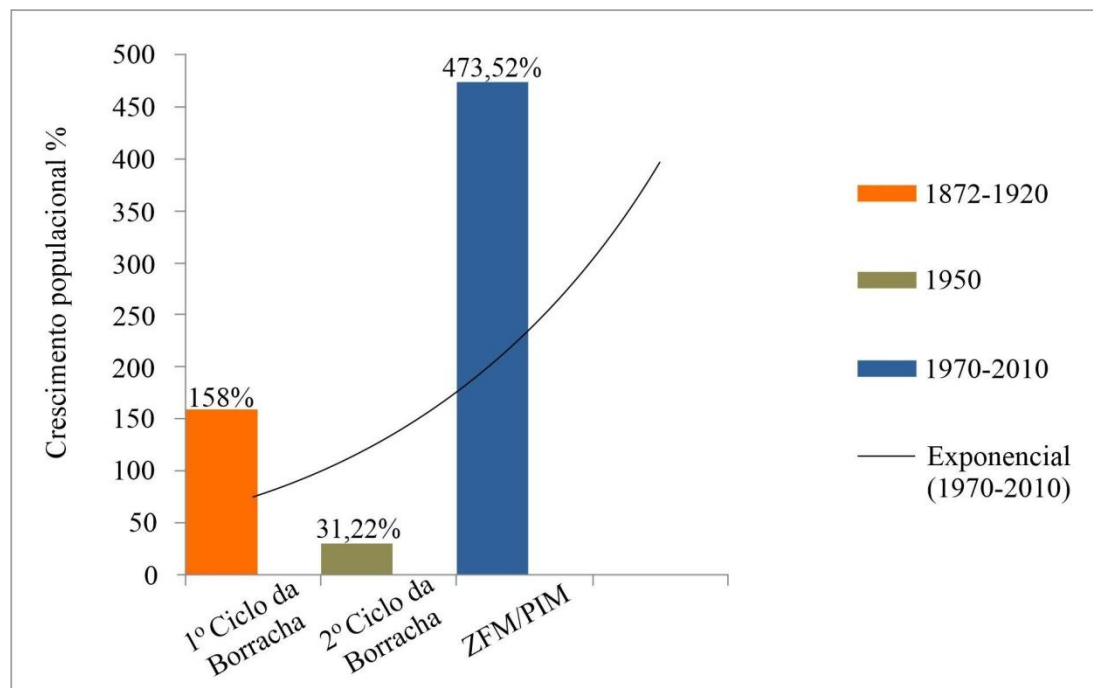
Legenda: Pop = População; T = Taxa; C = Crescimento.

É possível constatar o crescimento percentual acumulado da população ocasionado pela migração nos ciclos econômicos em período de tempo censitários onde o primeiro ciclo da borracha entre os Censos de 1872 e 1920 cresceu em 50 anos 158%, no segundo ciclo, durante o censo de 1950 cresceu 31,22%, e o terceiro correspondente a ZFM em 50 anos entre o censo de 1970 e 2010 cresceu 473,52% (Figura 9).

É evidente que entre o primeiro ciclo econômico da borracha, que teve considerável aumento da população no decorrer de cinco décadas, ainda que se compare em mesma proporção de tempo com a ZFM, no intervalo de 50 anos entre os censos (1970-2010), é expressivo e exponencial o elevado aumento populacional desse período, o que comprova a força motriz dessa nova forma do capitalismo representando pelas

filiais das multinacionais no PIM da capital do Amazonas, para Barbosa (2009, p. 62) “[...] é possível dimensionar que o aumento populacional foi significativo e tem como principal vetor a implantação da Zona Franca”.

Figura 9 – Crescimento percentual da populacional de Manaus entre os ciclos econômicos.



Fonte: Roselito Carmelo (2021).

O fluxo migratório que se processou não foi só entre regiões, mas intra-regional gerando o êxodo rural. Conforme relatam Beltrão e Beltrão (199-), a população na Amazônia na área rural decresceu e a população urbana cresceu, “o comércio entrou em fase de expansão, estimulado pelo aumento da importação de bens de consumo” (Goodland e Irwin, 1975, p. 39).

Nessa mesma afirmativa do decréscimo populacional na área rural, Miranda (2009, p. 39) comenta que “o crescente esvaziamento da área rural, haja vista que a ZFM representava a partir de sua implantação [...] um atrativo e possibilidade de melhores condições de vida para o interiorano”.

Nesse contexto, Manaus não só concentra a grande massa populacional, como também eleva de forma conjunta o índice: econômico e socioambiental, pois,

Não há como negar a dualidade entre o progresso econômico, na forma como foi trazida à Manaus, e suas consequências sociais e estruturais à cidade em seus aspectos ambientais, passando pela criminalidade e pela conturbação

urbana, por exemplo nas ocupações demográficas e no trânsito (Costa, 2021, p. 23).

Um dos fortes apelos para criação da ZFM e que gerou o intenso fluxo migratório para a capital tinha por objetivo trazer o desenvolvimento por meio da geração de emprego para a população e conseqüentemente melhor qualidade de vida no espaço urbano, isso motivou a migração, porque se abriu uma “janela” de esperança na cidade com propostas promissoras entre elas a possibilidade de conseguir a casa própria, no entanto, Gonçalves (2012, p. 113) sinaliza que “[...] a cidade de Manaus se coloca como a capital que tem maior proporção de população favelada entre todas as capitais do país”.

Em dados analisados na Sinopse do Censo Demográfico nos Censos do IBGE (2010b), é notória a dinâmica populacional empreendida para a capital a partir da ZFM/PIM (Tabela 2) registrado em cada período da contagem, em 1960, década de início desse período econômico, Manaus registrou 24.3% da população do Amazonas e, na fase mais atual da Zona Franca, o Censo de 2010 registrou que mais da metade da população 51.7% passaram a se concentrar na área urbana da capital.

Tabela 2 - Proporção da população do município de Manaus em relação ao Amazonas – 1960/2010.

Localidade	1960 ¹	1970 ¹	1980 ¹	1991 ²	2000 ²	2010 ²
Amazonas	721.215	960.934	1.449.135	2.102.901	2.813.085	3.483.985
Manaus	175.343	314.197	642.492	1.010.544	1.403.796	1.802.014
%	24.3%	32.7%	44.3%	48.1%	49.9%	51.7%

Fonte: Roselito Carmelo, (2021) organizado a partir de dados do IBGE (2010a), Censo Demográfico 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.

(1) População recenseada. (2) População residente.

A força motriz exercida pela capital a partir da Zona Franca teve poder de aglomerar no espaço urbano considerável contingente populacional atraído pelo PIM, que prometia dinamizar a economia e com isso,

Os problemas de Manaus são intensificados pela pressão migratória, que por sua vez demanda um modelo de gestão capaz de ir além da escala local e se colocar intimamente associado às razões que promovam as migrações das pequenas cidades do Amazonas em direção a capital (Giatti *et al.*, 2015, p. 68).

Segundo Pereira (2006, p. 33), “A aglomeração [...] em virtude da intensificação das atividades econômicas, gera novos padrões de consumo diversificados e progressivos, ensejando o aumento de necessidades coletivas de habitação, transportes, serviços públicos [...]”.

Com a instalação diversificada de indústrias na formação do complexo Distrito Industrial, hoje dividido em I e II, que, sucessivamente, consolidaram-se na Zona Sul e Zona Leste, atuaram de forma determinante sobre várias áreas de serviços formando uma rede permanente de atração e hierarquização de funções, obrigando as cidades menores que compõem o espaço amazonense a manter um fluxo permanente de dependência quanto aos produtos industrializados, fornecimento de produtos primários e mão de obra para trabalhar no interior das fábricas.

Nesse ritmo crescente na capital “Em função desse crescimento populacional, o espaço urbano da cidade passa a sofrer fortes intervenções por parte dos novos habitantes que, sem ter onde morar, iniciam o processo de ocupação” (Barbosa, 2009, p. 62). O espaço urbano foi se consolidando em áreas distintas e contraditórias, sendo uma com realidade da modernidade e infraestrutura e outra em crise dentro de um cenário de segregação social (Pereira da Costa e Schmitt, 2010).

Para Carlos (2009, p. 46), “O uso do solo urbano será disputado pelos vários segmentos da sociedade de forma diferenciada, gerando conflitos entre indivíduos e usos”. O espaço urbano contraditório fez surgir de forma evidente duas Manaus: a dos abastados em menor número e a dos segregados em grande número.

Desse espaço contraditório e desorganizado em suas estruturas financeira e social, Brianezi (2018) explica que:

A ironia é que a capital amazonense está longe de poder ser considerada bem organizada, principalmente porque viveu uma verdadeira explosão demográfica a partir da criação da ZFM, com crescimento desordenado e agravamento das injustiças sociais no município (Brianezi, 2018 p. 129).

De acordo com Costa (2015, p. 79), “As áreas estruturalmente beneficiadas pelos empreendimentos tiveram maior valorização, mas sua aquisição não era e ainda não é acessível à grande maioria de moradores, as pessoas de baixa renda”. Em estudo sobre expansão urbana em Maceió-AL, Carvalho, Cavalcanti e Silva (2010) comentam que é recorrente nos grandes centros urbanos a consolidação de lugares inadequados a moradia, como exemplo em ambientes frágeis.

Atraídos pela quantidade de serviços ofertados, Nascimento (2013) comenta que a cidade foi povoada pelo efeito Zona Franca e migrantes interioranos e ribeirinhos se deslocaram para Manaus formando um contingente de mão de obra barata. Esse movimento fez com que ocorresse um crescimento ascendente, aumentando o número de favelas, invasões e degradação dos corpos hídricos. Junto ao crescimento populacional não se teve investimentos necessários para estruturar a cidade com saneamento básico, capaz de mitigar permanentes problemas como de água, luz e rede de esgoto.

Uma mão de obra desqualificada refletiu em baixos salários e, conseqüentemente, sem poder aquisitivo necessário para alugar ou comprar a casa própria, esse trabalhador que antes na zona rural tinha onde morar foi construir sua própria moradia o mais perto possível do seu local de trabalho. A Zona Sul de ocupação mais antiga não era favorável ao poder aquisitivo desse trabalhador, que se viu obrigado a ocupar os lugares de desinteresse da população mais abastada e logo foram povoando as áreas de encostas e os canais dos igarapés.

Esse registro de ocupação do solo é visto na própria Zona Sul e áreas adjacentes da Zona Oeste e Centro-Sul, onde uma parte que trabalhava no comércio no centro da cidade, para estar mais próximo do trabalho, foi ocupando lugares vazios destinados às áreas de proteção ou impróprios para moradia.

As áreas de encostas do igarapé Cachoeira Grande no percurso que separa o bairro de São Geraldo do bairro de São Jorge (Figura 10), margens do igarapé do São Raimundo, que separa o bairro do mesmo nome do bairro de Nossa Senhora Aparecida foram ocupados. A mesma situação também é vista próximo à foz do igarapé do Educandos e no curso do igarapé do Quarenta, dezenas de moradias umas coladas às outras descendo a área de encosta até a ocupação total da planície de inundação.

Oliveira e Pereira da Costa (2007) explicam que, no final da década de 1960, surgiram na Zona Oeste os bairros Compensa, Vila da Prata, Lírio do Vale, Santo Agostinho e parte do Tarumã. Essa zona geográfica é formada pelo bairro do Tarumã com grande parte de floresta intacta, mas apesar de sua proteção aparente destinado a loteamentos habitacionais de alto valor financeiro, registra ocupações irregulares (Nogueira, Sanson e Pessoa, 2007).

Figura 10 – Ocupação irregular em área de encosta na margem do igarapé Cachoeira Grande no Bairro de São Geraldo.



Foto: Roselito Carmelo, (1997).

No espaço temporal entre 1967 com a criação da ZFM até meados de 1978, surgiram 12 bairros, e a área territorial de Manaus praticamente se desprende do espaço restrito da Zona Sul, ampliando-se com o DI que impulsionou a ocupação para a Zona Leste, projetou-se para a Zona Oeste com a formação de grandes bairros como a Ponta Negra e o Tarumã que, com a nova redefinição dos bairros, foi dividido em 2010, dando origem ao Tarumã-Açu e na Zona Centro-Oeste com o surgimento do bairro da Alvorada e Dom Pedro I.

Logo posterior à implantação da ZFM,

Surgiram a partir dessa época as invasões da Zona Oeste da cidade: Compensa; Santo Agostinho, Alvorada, etc. A partir de 1970, as invasões invertem a sua rota e passam para a Zona Leste: Coroadó; Zumbis; Tancredo Neves; Santa Inês; Armando Mendes; Mutirão, etc. (Manaus, 2014a, p. 31).

Foi a partir de 1964 com a ZFM que a capital se expande principalmente para Leste, preenchendo o vazio entre o Bairro da Cachoeirinha até onde foi implantado o DI (Manaus, 2015). De acordo com Nogueira, Sanson e Pessoa (2007), até meados de

1970, a população de Manaus se concentrava nas Zonas Sul, Centro Sul, Oeste e Centro Oeste.

Conforme assinala Oliveira e Pereira da Costa (2007), uma das primeiras medidas do Governo Militar foi criar o Banco Nacional da Habitação (BNH), que teve como meta em 1966 criar o programa COHAB, objetivando a construção de casas populares (conjuntos habitacionais) composto de infraestrutura, e, em 1982, criou o PROMORAR para promover a urbanização de áreas carentes com serviços de educação, saúde, segurança e lazer.

Ambos os programas foram importantes projetos de urbanização que, posteriormente, foram substituídos primeiramente pela Companhia Habitacional do Amazonas (COHAB-AM) e, depois, pela Superintendência Estadual de Habitação (SUHAB), órgão que ficou responsável pela política habitacional de casas populares (Oliveira e Pereira da Costa, 2007).

Seguindo a política habitacional de casas populares em Manaus, na Zona Centro-Sul, no final da década de 1960, foi construído, em 1969, o Conjunto Castelo Branco no atual Bairro do Parque 10 de Novembro. Nessa época, a margem direita do igarapé do Mindu era o limite da cidade. As águas do igarapé do Mindu serviam de lazer para a população, ao longo de suas margens, segundo Oliveira e Pereira da Costa (2007), existiam balneários, chácaras e clubes. Nesse reduto, estava o famoso banho do Parque 10, recanto onde a população costumava visitar para um dia de lazer.

Seguindo o mesmo padrão, o Conjunto 31 de Março foi construído na Zona Sul em 1970, base para formação do bairro do Japiim, posteriormente, na Zona Centro-Oeste foi construído no mesmo estilo habitacional aos anteriores o Conjunto Ajuricaba inaugurado em 1977 e, logo em seguida, surgiu à invasão Planeta dos Macacos com alteração posterior do nome para Redenção, segundo Jornal do Comércio (2006), o reconhecimento à categoria de bairro ocorreu só em 1980.

No período de 1982 a 1990, construiu-se em várias etapas o conjunto Cidade Nova. Oliveira e Pereira da Costa (2007) assinalam que esse acontecimento foi o vetor de expansão para a Zona Norte, consolidando não só a construção de vários conjuntos populares em 1990, mas também ocupações espontâneas.

No período de 1970 a 1990, a demanda por habitações foi maior que oferta administrada pelo poder público, isso deu origem aos assentamentos em áreas invadidas, o que ocasionou uma série de problemas socioambientais (Manaus, 2015).

Essa situação foi evidente,

[...] nos seguintes bairros: Compensa, Zumbi, Coroado, Novo Israel, Santa Etelvina. Além disso, foi nesse período que surgiram as ocupações desordenadas em Igarapés (Educandos, Cachoeirinha, Manaus, Bittencourt, Mestre Chico, São Raimundo e Franco) (Manaus, 2015, p. 22).

Os bairros foram surgindo com “uma urbanização sem cidadania” (Gonçalves, 2012, p. 111). Para o autor, o cenário é marcado pela discriminação social, a periferia é sinalizada por grandes contrastes com as situações socioambientais à mercê dos serviços públicos municipal e estadual ineficientes, mas com estratégias bem definidas para atrair com isenção fiscal as empresas que queiram se instalar na capital.

Durante o ano de 1970, foram construídos os conjuntos habitacionais Dom Pedro I e II, Kissia 1 e 2, Débora, Tiradentes, Sargentos, Petros, Manauense, Vieiralves, Parque das Laranjeiras, Castelo Branco, Japiim, São José Operário e outros, destaca que o conjunto Cidade Nova foi o mais ambicioso com 10 mil unidades e expandiu a cidade para a Zona Norte e Leste (Manaus, 2015).

Em contrastes com as ocupações irregulares, esses conjuntos habitacionais apresentavam padrões sociais mais elevados fora da realidade dos trabalhadores de baixa renda e um fato a se ressaltar é que, mesmo planejado em sua estrutura, não foram capazes de se adequar dentro da legislação ambiental, pois, de qualquer forma, contribuíram para degradar as microbacias urbanas com despejos de água servida sem estação de tratamento.

Em seu projeto original, a Cidade Nova tinha o propósito de diminuir a pressão ao centro da cidade (centro histórico) objetivando “criar pontos de emprego aos novos moradores da região – áreas para comércio e serviço, pequenas indústrias para terceirização de serviços do Distrito Industrial, bancos, escolas, hospitais, segurança, e edificações da administração pública” (Manaus, 2015, p. 25).

O sítio urbano de Manaus definitivamente a partir de 1980 ganhou proporção de áreas geográficas para a Zona Norte e Leste num contexto espacial contraditório, por um lado habitado de forma planejado em sua minoria e, por outro, em maioria habitada por favelados, Nogueira, Sanson e Pessoa (2007) observam que essas zonas geográficas efetivamente habitadas são as que demonstram na atualidade maior degradação ambiental.

Os vazios urbanos que foram ficando na Zona Norte ainda na década de 1980 foram sendo ocupados. “Na década de oitenta, a Zona Norte, pelos seus inúmeros ‘vazios urbanos’, passa a ser a área escolhida, como o Novo Israel, Terra Nova, Santa

Etelvina, etc.” (Manaus, 2014a, p. 31). As habitações foram sendo erguidas muito antes de qualquer intervenção do estado ou município com serviços de infraestruturas, geralmente as ruas ou vielas estão desprovidas de asfaltamento e sem sistema de drenagens eficiente, os serviços de água e luz, em sua maioria, são de forma irregular e, nos setores de saúde e segurança, os serviços são precários.

Pela fachada leste, apesar de ter uma história mais antiga de ocupação, surgiu na década de 1990 o bairro Puraquequara, assim confirmam Rubim e Ferraz (2020, p. 31) “[...] a partir de 1995, por determinação dos instrumentos legais do poder municipal, o Puraquequara tornou-se um bairro da zona leste da cidade”.

Para as autoras “[...] dentre os quais destacamos a Lei nº 287 de 23 de maio de 1995, que delimita os bairros de Manaus, inclusive o Puraquequara” (Rubim e Ferraz, 2020, p. 32). Outra situação que as autoras se reportam é que, no Plano Diretor de 2002, o Puraquequara estava inserido como área de transição caracterizada como inibidor da expansão urbana e, no Plano Diretor de 2014, já aparece reconhecido como área urbana.

Na zona administrativa Oeste, na década de 1990, ocorreu um grande desenvolvimento de ocupação do Tarumã (Manaus, 2015). Corroboram dessa questão Oliveira e Pereira da Costa (2007), quando observam na análise espacial de domicílios com maior número de residências em 1991 que essa zona ficou em segundo lugar, principalmente, representado pelos bairros da Compensa, São Raimundo e Glória, perdendo apenas para a Zona Sul que ficou em primeiro lugar.

Na década de 1990, surgiu o projeto do conjunto de casas populares que veio a ser denominado de Nova Cidade “[...] chegando na Reserva Ducke – que é o limite natural de expansão da Zona Urbana na direção Nordeste. O bairro se desenvolveu até a AM-010 (Estrada Manaus-Itacoatiara), favorecendo a implantação de novos empreendimentos” (Manaus, 2015, p. 26).

Nesse momento de construção do conjunto Nova Cidade, na Zona Norte, reacende novamente, em 2000, os movimentos de articulação de posses de loteamentos irregulares. “Essa opção dos movimentos de ocupação pela Zona Norte da cidade teve seu recrudescimento a partir do ano 2000, com as ‘invasões’: Rio Piorini, Jesus me Deu, Carbrás, Esplanada, Campos Salles, Pontal da Cachoeira, Ismail Aziz, etc.” (Manaus, 2014a, p. 31).

Com a construção do Conjunto Nova Cidade a partir de 2001, com 9.220 casas construídas (Oliveira e Pereira da Costa, 2007), atingiu-se a interiorização de uma parte da Zona Norte nos limites iniciais da Reserva Adolpho Ducke, uma área de 10.000 ha

de floresta primária que tem barrado e obrigado essa expansão tomar direção nos segmentos das rodovias AM-010 e BR-174.

“A Reserva Florestal Adolpho Ducke (Reserva Ducke) foi criada em 1963 por meio da Lei Estadual nº 41, de 16 de fevereiro de 1963, que legalizou o ato de cessão da área da Reserva do Governo do Amazonas ao INPA” (Oliveira *et.al.*, 2008, p. 16) é administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) que a administra desde então.

Em 1972, foi declarada Reserva Ecológica, porém não faz parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Nessa Reserva, é permitida apenas a realização de atividades de pesquisa, corresponde a uma área de 100km² de floresta de terra firme e em 2000 a expansão da cidade chegou ao seu limite pela borda sul com o surgimento de alguns bairros.

O leste da Reserva Ducke forma uma faixa de área de baixa densidade populacional correspondente a Zona de Expansão Urbana (ZEU) Ducke juntamente com uma grande parte do Distrito II e o bairro do Puraquequara forma a margem direita do curso d'água do rio Puraquequara, a margem esquerda permanece com a presença da floresta Equatorial no estado primário por ser de responsabilidade dos militares.

No final da década de 1970, o governo do Amazonas cedeu para o Exército Brasileiro a área na margem esquerda do rio Puraquequara para ser usada como Campo de Treinamento do Centro de Instrução de Guerra na Selva (CIGS). Após um longo conflito entre o Exército e as comunidades tradicionais que já viviam na área, o impasse foi resolvido e mediado pelo Ministério Público Federal (MPF), Secretaria de Patrimônio da União (SPU) e Advocacia Geral da União (AGU), assim foi permitido a Concessão de Direito Rural e Urbano (CDRU) aos agricultores (Rocha, 2014).

Por ser de propriedade do Exército Brasileiro para fins de treinamento, a floresta primária permanece preservada e, apesar de se encontrar na margem oposta da área urbana, não será permitido o avanço para ocupação efetiva e surgimento de bairros, sendo dessa forma, uma barreira limitante para a expansão da cidade, conforme assinala Miranda (2017, p. 85-86): “A implantação da base do exército na região criou uma barreira que impediu significativamente o avanço populacional, sendo atualmente responsável por sua manutenção”.

Seguindo as rodovias BR-174 e a AM-010, “Um importante eixo de saída norte de **Manaus**, constituindo um dos principais vetores de expansão da cidade, que leva à fronteira com a Venezuela, é a BR-174, em conjunto com a AM-10” (Manaus, 2014b, p.

41), formam a atual frente de expansão urbana na Zona Norte adentra para o interior da bacia do Tarumã-Açu que “possui uma área total de 133.756,40 hectares, o que corresponde a 16% da área territorial do município de Manaus” (Manaus, 2014a, p. 186).

Essa bacia tem como curso principal o rio Tarumã-Açu, é três vezes maior que a área urbana de Manaus e pela margem esquerda é formada por várias microbacias que se estendem transversalmente pelas duas rodovias. Essa disposição das redes hidrográficas e as ocupações seguindo as rodovias se estenderão em sequência não para uma, mas para várias bacias e, sendo uma expansão sem planejamento no uso e ocupação da terra, deixa as microbacias em extrema vulnerabilidade.

A BR-174 é uma rodovia federal de grande movimentação que interliga a capital com o Estado de Roraima e proporciona acesso para vários sítios, balneários e pequenas propriedades rurais agrícolas e pecuária de subsistência, igualmente é a rodovia estadual AM-010 que liga Manaus ao município de Itacoatiara, pavimentadas e com boas trafegabilidades.

As rodovias permitem elevado fluxo de pessoas e veículos onde em conjunto com os inúmeros ramais como do Pau Rosa, Felicidade, Novo Amanhecer e diversas vicinais que se interconectam facilitam a penetração para o interior das microbacias hidrográficas de montante a jusante, determinando o caminho de devastação ou conservação do estado da qualidade ambiental dos cursos d’água que se estabelecem por meio do uso e ocupação da terra.

Um desses cursos d’água que faz parte da bacia do Tarumã-Açu que pode ser exemplificado,

Dentro desta bacia, o principal curso d’água dentro da cidade de Manaus é o Igarapé da Bolívia, que, por sua vez tem como afluente o Igarapé do Passarinho. Nestas bacias está acontecendo um forte crescimento da cidade, inclusive com a implantação de diversos condomínios do programa Minha Casa Minha Vida, sem os cuidados com a não ampliação da cheia natural, o que está impactando significativamente nas margens dos igarapés, causando erosão e destruição em diversos locais (Manaus, 2014a, p. 188).

Em se tratando de áreas mais recentes de ocupação, a Zona Leste e, principalmente, a Zona Norte, que se configura atualmente em expansão da área urbana da capital, persiste numa situação desigual de apropriação e construção do espaço. Oliveira e Pereira da Costa (2007) comentam que impera a desigualdade socioespacial no que diz respeito à moradia nessas zonas geográficas.

Atualmente, no contexto de sua espacialidade com os conflitos e contradições que reverberam no interior da expansão urbana, o poder público, de forma a administrar essas questões, instrumentaliza diretrizes e readequa em períodos de tempo a compartimentação do espaço, como visto no Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus de 2014 (PDUAMM), onde especifica, no art. 64, que a área urbana é constituída pelas seguintes Zonas Urbanas:

I - Zona Urbana Norte: abrange os Setores 10, 17, 18 e parte do Setor 09; II - Zona Urbana Sul: abrange os setores 01, 03 e 04, e parte dos Setores 02, 05, 06 e 07; III - Zona Urbana Centro-Sul: abrange os Setores 11 e 12; IV - Zona Urbana Leste: abrange o Setor 08 e parte dos Setores 06, 07 e 09; V - Zona Urbana Oeste: abrange os setores 15, 16 e parte do Setor 02; VI - Zona Urbana Centro-Oeste: abrange os setores 13, 14 e parte do Setor 02 (Manaus, 2014c, p. 10).

Entre essas Zonas Urbanas, a Leste e Norte apresentam relevo com maior declividade e concentram as maiores áreas de risco e, contraditoriamente, elevado índice populacional. Segundo o censo do IBGE (2010a), a Zona Norte apresentou o maior patamar de residentes entre as regiões administrativas com crescimento de 77,6%.

Essa zona administrativa encontra-se em franca expansão e tem o bairro Lago Azul, juntamente com o bairro Tarumã-Açu, na Zona Oeste, como últimas áreas consolidadas que já alcançaram a microbacia do Mariano, formando atualmente um cenário de conflitos de interesses divergentes e de contrastes ocupacional e é, ao mesmo tempo, reduto de planejamento com construção de casas populares como: o Conjunto Habitacional Cidadão IV João Paulo II, Residencial Parque dos Buritis I e II, Conjunto Viver Melhor e favelas como: Colônia Terra Nova, Monte das Oliveiras, Novo Israel, Santa Etelvina, entre outros.

Com base ainda no Plano Diretor da cidade Lei complementar nº 002, de 16 de janeiro de 2014, quanto ao uso e ocupação da terra, são apresentadas três Zonas de Expansão Urbana (ZEU) que contornam o perímetro urbano de Manaus: ZEU Praia da Lua na parte mais ocidental junto a Zona Oeste; ZEU Tarumã-Açu, uma extensa faixa que se estende acima da Zona Oeste e Zona Norte e; ZEU Ducke que contorna a reserva Adolpho Ducke pela porção Norte e Leste.

As três ZEU somam 303,85 Km² descritas como de baixa densidade ocupacional. ZEU Praia da Lua, uso e atividade com residências permanentes e de recreio, atividade turística e produção agrícola; ZEU Tarumã-Açu integração de uso residencial, pequenos comércios, atividade agrícola e indústria extrativa de exploração

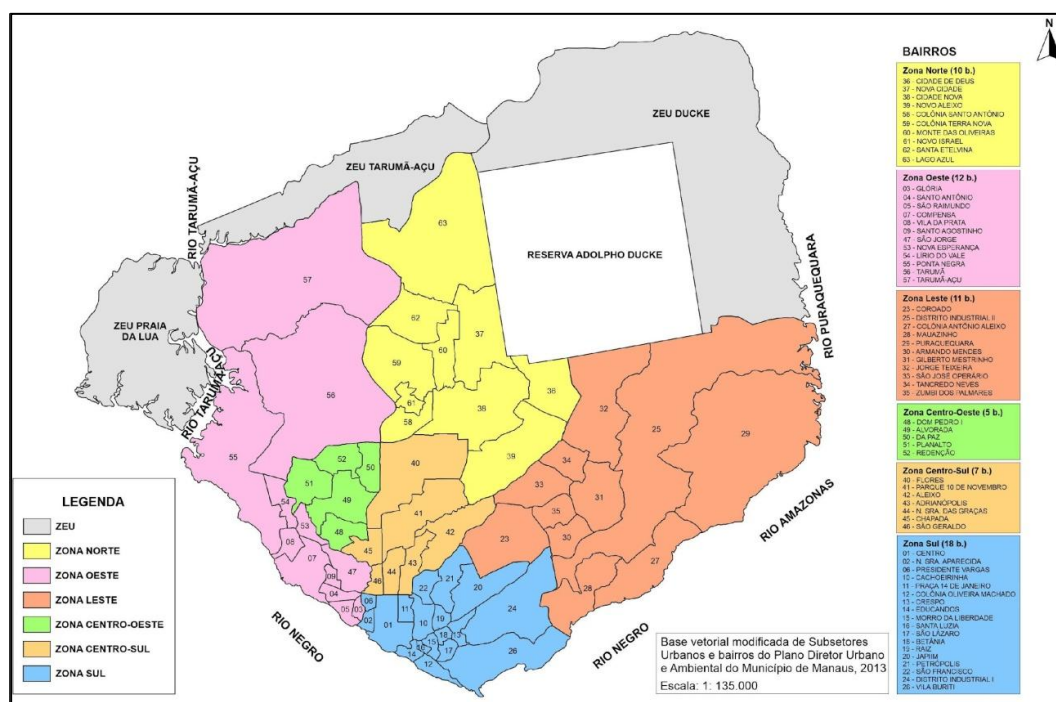
de areia e; ZEU Ducke uso compatíveis de residências permanentes e de recreios, atividades agrícolas de subsistência e turismo ecológico.

A partir de 2010, com a Lei nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010, o espaço urbano de Manaus foi reestruturado com a criação e divisão de novos bairros, assim determinado, conforme o art. 1º são criados os seguintes bairros: Nova Cidade, Cidade de Deus, Novo Aleixo, Gilberto Mestrinho, Lago Azul, Tarumã-Açu e Distrito Industrial II.

Na Zona Norte, os bairros Nova Cidade, Cidade de Deus e Novo Aleixo foram desmembrados da área espacial do bairro Cidade Nova e o bairro Lago Azul é resultante da red denominação e redefinição da área de expansão referente às Unidades de Estruturação Urbana UES – Santa Etelvina e UES – da Bolívia. Na Zona Oeste, o bairro Tarumã ficou dividido em duas partes dando origem ao bairro Tarumã-Açu.

Na Zona Leste, surgiram dois bairros: da divisão do bairro Gilberto Mestrinho surgiu o bairro São José Operário e da grande área do Distrito Industrial surgiu o Distrito Industrial I localizado na Zona Sul e Distrito Industrial II localizado na Zona Leste. Com essa nova reorganização espacial administrativa, a capital é composta por 63 bairros (Figura 11).

Figura 11 – Mapa atual da cidade de Manaus com as zonas urbanas, zonas de expansão urbana e bairros.



Fonte: Roselito Carmelo, (2021) organizador.

Durante o maior apogeu da ZFM (1970-1980), Manaus se expandiu, registrou nove bairros e, nesse espaço de tempo, ocorreu elevado aumento populacional, que foi de 104,48%, sendo que em sua maioria sem infraestrutura urbana por se caracterizar como invasões e sem planejamento no uso e ocupação da terra.

Referindo-se ao aspecto da expansão da cidade e sobre os bairros que foram surgindo, Monteiro (2016, p. 536) faz o seguinte comentário: “Esses novos bairros não sofreram a ação niveladora das máquinas, não conheceram o balizamento, não tiveram a visita do engenheiro da saúde, da luz elétrica, do esgoto, do serviço social, da educação”. Enfatiza o autor que “As autoridades simulam não ver essas mazelas sociais, declinam da responsabilidade de tomar providências [...]” (Monteiro, 2016, p. 536-537).

Conforme o Instituto Trata Brasil (2019), é possível constatar as mazelas que permeia as condições sociais de uma elevada camada da população, que, numa triste realidade, sofre com a ausência do poder público por meio da falta de saneamento na cidade de Manaus, principalmente, nos bairros mais carentes de serviços de infraestrutura básica onde há precarização nos serviços de saneamento como a coleta de esgoto que chega apenas a 19,9% e nem toda população tem acesso à água potável, o que ocasiona internações por doenças de veiculação hídrica (Quadro 10).

Quadro 10 - Indicadores de saneamento em Manaus.

Parcela da população sem acesso à água (% da população)	Parcela da população sem coleta de esgoto (% da população)	Esgoto não tratado (mil m ³)	Índice de esgoto tratado referido à água consumida (%)	Internações totais por doenças de veiculação hídrica (Número de internações)
2,5%	80,1%	41.947,71	31,8%	1.617

Fonte: Instituto Trata Brasil (2019).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas (PERH/AM), em Manaus, o abastecimento de água é realizado por empresa privada (Manaus, 2020), como o poder público não destina investimento de saneamento básico de forma abrangente na zona urbana, a população desassistida por serviços de água tratada realiza serviços de perfuração de poços de forma inadequada e irregular. Nessas condições, pode-se contaminar o lençol freático com resíduos sanitários “O aquífero Alter do Chão é livre e pouco protegido de possível contaminação, e vem apresentando sinais de contaminação em vários locais do Município” (Manaus, 2014b, p. 43). É

cenário preocupante, porque Manaus é atendido apenas com 28,6% com coleta e tratamento de esgoto (Manaus, 2020).

Nesse sentido, mais que vetorizar/readequar o espaço habitado, é preciso administrar com enfoque a atender as necessidades dos cidadãos com projetos e planejamentos antecedendo a ocupação da terra, no sentido de prevenção com ações concretas para que não ocorram mais degradações nas microbacias e cada vez menos igarapés naturais. Para Costa (2021):

Na contra preservação, o fato é que a ZFM e o PIM tecnicamente causaram um impacto ambiental negativo [...] visível em Manaus em seus igarapés e nas suas várias zonas de mata como no bairro Tarumã (a Oeste) e nas zonas Leste e Norte. E quanto mais aumenta o PIB do Amazonas via ZFM/PIM, tem havido menos igarapé do 40 [...] um dos inúmeros igarapés que corta a cidade (Costa, 2021, p. 36).

Não se justifica uma matriz econômica do porte da ZFM/PIM com dados positivos na produção de bens e serviços, pois, conforme indicadores de desempenho do PIM, teve faturamento em 2020 na ordem de 109.739.414.122, acumulando crescimento de 13,06 % no período (Suframa, 2021), apresentar decréscimo na qualidade socioambiental no local onde concentra o polo industrial e reside à força de trabalho que participa na elevação desse índice econômico, “[...] revela uma realidade complexa e contraditória com precários serviços de infraestrutura urbana, crescente ocupação em áreas de risco e intensas desigualdades espaciais” (Pires e Calegare, 2017, p. 134).

1.2.2 Ocupações irregulares e a qualidade ambiental das microbacias

Sendo Manaus o centro urbano de todo o Estado a agregar grande contingente populacional, tornou-se a metrópole da Amazônia Ocidental, no entanto, para Giatti *et al.* (2015), consolidou um modelo de urbanização agressivo sobre os corpos hídricos e os recursos naturais em geral. Nesse mesmo sentido, Grobe (2014, p. 23) afirma que “como as transformações urbanas impuseram alterações aos igarapés, redesenhando suas estruturas e modificando suas relações com a sociedade”.

A capital do Estado não estava preparada para receber essa grande leva de habitantes, “As encostas e as margens dos igarapés (tipo de curso fluvial) foram os destinos possíveis para a classe mais pobre da sociedade Manauara” (Costa, 2015, p. 79,

grifo do autor). Em busca de um lugar para morar, foram se alojando sobre as formas de relevo e construindo suas moradias sem que ocorresse um planejamento do estado.

O crescimento populacional da cidade de Manaus associado à urbanização promoveu a ocupação de áreas frágeis de preservação [...] como as áreas às margens dos igarapés. Essa expansão urbana metropolitana também provocou alterações nos sistemas hídricos, principalmente pela remoção da vegetação marginal e despejo de esgoto não tratado nesses sistemas (Luz *et al.*, 2015, p. 151).

As pessoas que migraram para Manaus comprometeram a infraestrutura dos serviços urbanos de uma situação temporal, pois “Manaus apresenta deficiência histórica no que se refere a saneamento básico” (Giatti *et al.*, 2015, p. 58). Para Costa (2015, p. 80) “Sem saneamento ou qualquer outro serviço básico, as comunidades foram se territorializando e formando os atuais bairros da cidade”.

A figura do Estado ausente no planejamento de uma política habitacional eficiente e extensiva e falta de fiscalização do espaço permitiu que os migrantes, em sua maioria sem recurso financeiro, se tornassem e continuassem a ser “[...] segmentos sociais marginalizados são forçados a se aglomerar nas margens dos cursos d’água formadores das bacias hidrográficas urbanas” (Silva e Bentes Junior, 2015, p. 137).

Nascimento (2013, p. 38) assim define Manaus: “A cidade de Manaus é uma capital de contradições, de desigualdades, onde a pobreza e a riqueza caminham num estranho frenesi, com déficit em saneamento básico e poluição do sistema hídrico da cidade”.

A cidade ampliou espacialmente com o crescimento desordenado, inúmeros bairros foram surgindo caracterizados sem qualquer planejamento. Isso intensificou o consumo e conseqüentemente maior volume de materiais a serem descartados, o que “Antes, configuravam utilidade ao bem, pois permitiam o seu uso, mas, ao serem descartados inadequadamente, transformam-se em ameaças à saúde humana e ao ambiente” (Kuwahara, 2014, p. 81).

A grande quantidade de resíduo produzido pela população que passou a habitar as margens dos igarapés em Manaus converteu-se em impactos ambientais negativos ao meio ambiente urbano. Segundo Saiani e Toneto Júnior (2014, p. 45), “Conseqüentemente, poluem o ar, os solos e os recursos hídricos, afetando a saúde. [...] a destinação final dos resíduos e a disposição final dos rejeitos, se não realizadas adequadamente, podem poluir o ar e o solo por meio dos materiais”.

Analisando os centros urbanos e produção de resíduos, Oliveira e Oliveira (2014, p. 295) comentam que “O aumento da população em centros urbanos trouxe características de concentração de volumes de resíduos, fortalecendo a necessidade de criar formas mais eficiente e eficaz de coletar, transportar e efetuar a disposição final de todos os tipos de resíduos gerados”.

As ocupações foram se multiplicando sobre os interflúvios pelas planícies de inundações e os incontáveis igarapés foram perdendo a vegetação ciliar cedendo lugar às favelas. De acordo com Barbosa (2009, p. 62), “Dentre os primeiros igarapés de Manaus ocupados, destaca-se o igarapé de Manaus, do Quarenta e Mestre Chico”.

As microbacias urbanas foram sendo degradadas e descaracterizadas devido aos impactos ambientais que desequilibraram toda dinâmica dos ecossistemas hídricos. Para Souza (2013, p. 45), “A ação antrópica é concentrada e intensificada nas áreas urbanas, bem como nas áreas de expansão urbana (ou periurbanas)”.

É importante a manutenção e preservação dos igarapés em todo seu contexto ecossistêmico, que inclui da vegetação ciliar que protege contra os processos erosivos e assoreamento do curso de drenagem e, assim, evitar no período de chuva inundações com consequências drásticas para a população.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e o Serviço Geológico do Brasil (IPT/CPRM, 2014), no sistema hidrológico, acontece a sequência: enchente (*flood*), seguida de inundação (*flooding*) e, por fim, o alagamento. Para Silva e Bentes Junior (2015, p. 141), “[...] o crescimento contínuo de ocupações ocorre, muitas vezes, associado ao desmatamento e à erosão do solo, com impactos severos na paisagem original”.

Nesse cenário, atualmente, constatam-se, em Manaus, três situações sobre sua paisagem: 1) o aumento da população; 2) a intensa e rápida urbanização e 3) o consumo crescente de materiais que se transformam em resíduos, tornando-se um grande desafio na contemporaneidade, que exige do poder público ações de planejamento que devem estar associadas às instituições de pesquisas e universidades.

O crescimento populacional na cidade de Manaus com todos seus efeitos impactantes no espaço urbano evidenciou a

[...] incapacidade dos órgãos públicos de prover a requerida infraestrutura e fiscalização de ocupação do solo, levou a população a ocupar tanto as margens e os próprios igarapés com edificações inapropriadas como também, através de invasões, ampliar os limites urbanizados da cidade (Manaus, 2014a, p. 31-32).

No atual cenário de urbanização das cidades brasileiras, as populações que moram em áreas com restrições à ocupação vivem em situação socioeconômica de moradia e saneamento em situação precária e, de acordo com a região, esses lugares são denominados de invasão, mocambo, grotas, favelas e outros, muitos possuem geralmente uma densidade de edificações muito elevada (IBGE, 2020b).

São, de acordo com o IBGE (2020b), áreas ocupadas em superfícies irregulares do relevo de áreas privadas ou públicas, apresentam um padrão urbanístico irregular com déficit de serviços públicos essenciais, como iluminação elétrica domiciliar, abastecimento de água, esgoto sanitário e coleta de lixo regular.

Apresentam urbanização divergente dos padrões determinados com presença de vias ou vielas estreitas e irregularidades de assimetria, áreas e formas construídas desiguais em relação a sua totalidade, ausência ou calçadas de larguras despadronizadas, não regularizadas pelo órgão público porque geralmente se configuram em autoconstrução.

Além do problema da invasão que significa a ocupação de áreas de mata ou inclusive áreas de risco, tais como encosta ou nas várzeas dos grandes rios, um outro problema é o adensamento da urbanização com a impermeabilização de áreas já consolidadas [...] com o mau hábito da população em lançar os resíduos sólidos nas ruas e corpos d'água traz toda sorte de problemas para a cidade (Manaus, 2014a, p. 32).

Devido à irregularidade ou falta de coleta de resíduos de toda ordem e descartes em lugares impróprios como ruas e cursos d'águas. “Em média a Semulsp – Secretaria Municipal de Limpeza Pública retira dos igarapés da ordem de 30 toneladas de lixo por dia, chegando-se a registrar 400 toneladas em operação especial (mutirão)” (Manaus, 2014a, p. 32).

De acordo com informações no site da Semulsp:

Atualmente, por dia, quase 30 toneladas de lixo são retiradas dos igarapés. A limpeza de igarapés da Prefeitura de Manaus mobiliza 100 trabalhadores por dia, desenvolvendo ações de limpeza, não apenas dos leitos dos rios, retirando resíduos de dentro d'água, mas também da superfície e das margens. Há também a retirada de vegetação aquática para melhorar o escoamento da água. Esse trabalho é uma das modalidades de limpeza mais caras do mundo. Para a Prefeitura de Manaus custa mais de R\$ 1 milhão por mês. Igarapés como o do Mestre Chico, Franco, Mindú, Igarapé do 40, Avenida Brasil, Igarapé do Passarinho, Alvorada, Manaus 2.000 e as áreas de orla da cidade (São Raimundo, Glória, Educandos, Manaus Moderna, Porto de Manaus, Panair) dentre outros, recebem atenção diária (Manaus, 2021).

A produção de resíduos descartados de forma incorreta é uma situação que evidencia falta de planejamento na cidade, que se inicia com a forma de uso e ocupação do solo urbano e que vai se transformar em problemas ambientais de grandes proporções desprendendo volumosas somas em dinheiro público para dar uma destinação adequada.

Nesse sentido no dia 20 de junho de 2021, a Amazonas Atual divulgou o seguinte em seu site:

Lixo em igarapés custa R\$ 9,7 milhões por ano ao contribuinte em Manaus. O valor é do contrato de serviço com a empresa Trairi Comércio de Produtos Derivados de Petróleo para a coleta e limpeza de resíduos nas margens dos rios e igarapés da capital (<https://amazonasatual.com.br/lixo-em-igarapes-custa-r-97-milhoes-por-ano-ao-contribuinte-em-manaus/>, 2021).

Em 2018, o Produto Interno Bruto (PIB) da capital foi de 78.192.321,27 (IBGE, 2018) e o valor de 9,7 milhões destinados à limpeza de resíduos descartados nos igarapés de Manaus corresponde a 12,40% desse montante, recurso público considerável que poderia ser destinado a outros setores como na educação no financiamento de centenas de projetos educacionais nas escolas públicas com incentivos de bolsas de Iniciação Científica Tecnológica Júnior aos alunos e bolsa de apoio à pesquisa aos professores ou curso de formações docentes ou ainda para realização de encontros, congressos e seminários, o que poderia elevar ainda mais os índices de qualidade do ensino e aprendizagem no sistema público educacional.

Por meio do Edital N.º 004/2021 – Programa Ciência na Escola (PCE), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) destinou às escolas públicas estaduais do Amazonas e municipais de Manaus o valor global R\$ 3.366.000,00 para apoiar em torno de 600 projetos com bolsa de R\$ 150,00 para até três alunos, durante 5 meses, e R\$ 560,00 para professores durante um período de 6 meses por projetos aprovados.

O valor de R\$ 9,7 milhões gastos na limpeza dos igarapés caso fosse destinado ao PCE, poderia investir em quase o triplo de projetos proposto pela FAPEAM, financiaria até 1.729 projetos que beneficiaria diretamente 5.187 alunos com bolsas em projetos de pesquisa científica e de inovação tecnológica, que representaria uma contribuição significativa não só no seu processo de formação como incentivo a pesquisa, traria também benefícios a 1.729 professores agregando valor intelectual ao seu processo de formação continuada.

Quando a cidade cresce com elevada concentração populacional desprovida de saneamento básico ausente de planejamento necessário ao uso e ocupação do solo e com falta de políticas públicas voltadas ao amparo da sociedade na construção de casas populares tende a gerar no cerne da situação problemas sociais e ambientais, entre os vários problemas que se manifestam em Manaus fica bem evidente a questão habitacional e a degradação dos igarapés.

Em nota técnica, o IBGE (2020b) divulgou o mapeamento que faz parte do Censo Demográfico de 2020, mas foi adiado para 2022 devido à pandemia da COVID-19, mostrando a realidade urbana das cidades brasileiras em dados quantitativos percentuais do número de domicílios por ocupações irregulares.

No Estado do Amazonas, mais de um terço das habitações se encontram em ocupações irregulares. No país, o Amazonas tem a maior proporção de domicílios em ocupações irregulares e representa 34,59%, só em Manaus ultrapassa 50%, ou seja, a capital tem 53,3%, superado apenas por Belém-PA que tem 55,5% (IBGE, 2020b). Segundo Pires e Calegare (2017, p. 131), em estudos realizados pelo Observatório das Metrópoles em 2009 e pela Fundação João Pinheiro em 2013 sobre déficit habitacional, “Manaus está entre os cinco municípios brasileiros com maior déficit habitacional absoluto, com total de 105.587 mil unidades habitacionais, apenas atrás de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Salvador”.

Para os autores, esses dados refletem sobre “Às inúmeras famílias, que não conseguiram ou não conseguem ter acesso à moradia digna, lhes restaram os espaços de florestas no entorno da cidade ou às margens dos igarapés, que foram gradativamente ocupados” (Pires e Calegare, 2017, p. 132).

Essas informações atuais, ainda que preliminar, vêm à luz do debate para refletir a forma de ocupação que ocorreu e ocorre em Manaus, para Pereira da Costa e Oliveira,

[...] o processo de construção da cidade de Manaus, revela uma lógica contraditória havendo na cidade verdadeiros mundos distintos, um construído a partir de realidade urbana voltada ao desenvolvimento e tecnologia, personificando a modernidade, e outro, que graças a concentração de renda e a falta de oportunidades equitativas traz no seu bojo a exclusão e a segregação social (Pereira da Costa e Oliveira, 2007, p. 37).

Intensificado nas últimas décadas no período referente pós ZFM, que se configurou em forte atrativo populacional devido às ofertas de serviços com a consolidação do Polo Industrial de Manaus (PIM) a partir de 1970, e, no comércio de

produtos eletroeletrônicos, o espaço não só passou a concentrar contradições, como acumulou, nos anos seguintes, sérios problemas sociais e ambientais, entre estes a degradação das microbacias hidrográficas.

E numa cidade como Manaus que tem em seu relevo como característica principal, incontáveis cursos d'água e a forma de ocupação da terra sem planejamento só agravou a qualidade ambiental das microbacias que apresentam graus de degradações elevados, servindo como depósitos de resíduos sólidos descartados pela população em geral e líquidos de toda ordem provenientes dos esgotos domésticos, das áreas comerciais e industriais.

Geralmente, é comum encontrar flutuando sobre a superfície da água, recipientes de todo tipo, entre eles garrafas pet de refrigerantes, latinhas de alumínio, fragmentos de isopor, sacolas plásticas, caixas de leite e sucos. Em situações mais severas é possível verificar carcaças de geladeiras, de automóveis, de fogões, de sofás, de cadeiras, de camas, pneus, e outros, que se transformam em obstáculos podendo interferir na dinâmica fluvial do igarapé.

Em trabalho realizado no igarapé do Mindu, Queiroz *et al.* (2020, p. 928) identificaram no curso médio do Mindu “[...] o descarte incorreto de lixo orgânico, domiciliar, e resíduos sólidos classificados em plásticos, papel, tecido, madeira, embalagens plásticas em geral, além da disposição de resíduos de construção civil, mobiliário, entre outros”.

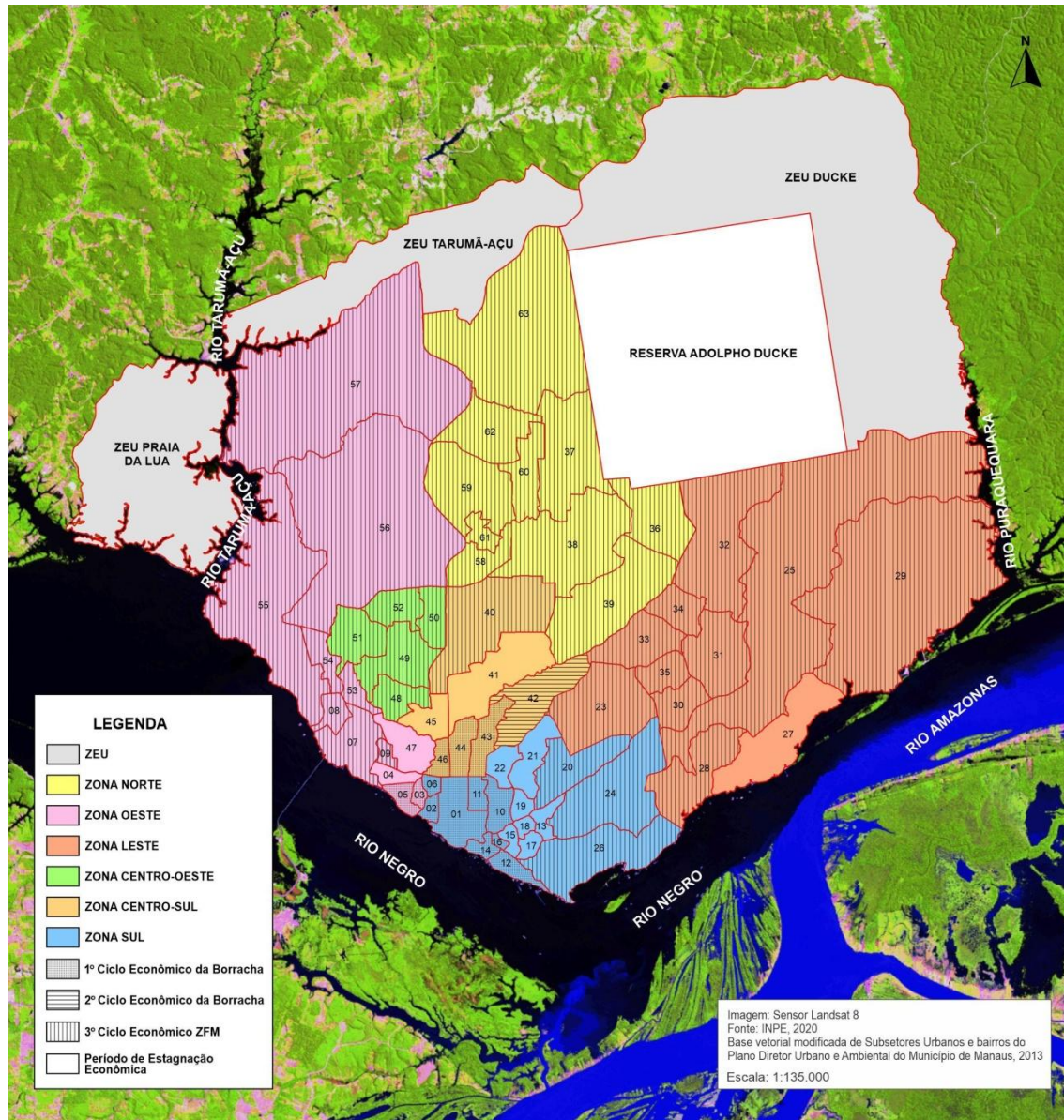
Sem que o poder público de forma eficaz realize ações para mitigar todo tipo de problemas ocasionados pela inadequada intervenção humana, as microbacias com suas ricas redes hidrográficas progressivamente foram e continuam sendo contaminadas e poluídas na medida em que a cidade expande ocasionando mudanças e perturbações sobre os igarapés.

Nesse contexto de ocupação e degradação, cursos d'água de expressões como o igarapé do Mindu, que foi fonte de lazer para a população de Manaus, e o igarapé do Quarenta que, respectivamente, são canais principais da bacia do São Raimundo e do Educandos, encontram-se totalmente na área urbana e são os mais degradados com suas águas contaminadas, poluídas e fétidas, representam um cenário deletério de proporção no espaço da capital do estado do Amazonas.

Na medida em que a cidade de Manaus foi e vai se expandindo para alocar os migrantes que iriam formar e formam a força de trabalho nos ciclos econômicos da

borracha e como no atual PIM, principal responsável pela maior espacialidade da capital determinando a configuração geográfica da capital amazonense (Figura 12).

Figura 12 – Mapa da configuração geográfica de Manaus mostrando a expansão urbana de acordo com os ciclos econômicos da borracha e a ZFM.



Fonte: Roselito Carmelo, (2021). Modificado do Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus (2014c).

Na mesma velocidade com enfoque acelerado entre 1970 e 1980, as microbacias hidrográficas presentes em cada zona geográfica foram e continuam sendo destruídas em sequência, conforme vai se consolidando o espaço da capital a partir da Zona Sul no exutório da bacia do São Raimundo que recebe todo impacto da sua rede hidrográfica e do Educandos como pode ser visto no igarapé do Quarenta com grande carga de

resíduos em suspensão, o igarapé do Franco que percorre longitudinalmente vasto trecho estreitado entre as duas vias de mão e contramão da Avenida Brasil no bairro da Compensa com sua calha assoreada por acúmulo de sedimentos, local com intenso fluxo de pessoas e comércio situado na Zona Oeste.

O Igarapé do Mindu com exceção de duas das três nascentes que se encontram em estado natural, mas em constante ameaça de invasão, o que deixa em vulnerabilidade o Parque Municipal Nascente do Mindu, o curso d'água se projeta no sentido Nordeste-Sudoeste com grande extensão na Zona Leste e baixo curso na Zona Centro-Sul é intensamente habitado, recebe elevada carga de resíduos que vai sedimentando sobre sua calha.

Na Zona Centro-Oeste, o igarapé dos Franceses com seu baixo curso seguindo paralelo à Avenida Constantino Nery com suas águas de cor cinza chumbo poluídas devido os resíduos líquidos que recebe, na Zona Leste, área de intenso povoamento, o igarapé Colônia Antônio Aleixo que segue encaixado na estrutura do relevo colinoso com casas construídas na área de encosta e sobre a planície de inundação e o igarapé do Passarinho na Zona Norte área da atual expansão de Manaus com seu leito entulhado por sedimentos artificializados e margem antropizada por todo tipo de resíduos (Figura 13).

O sinônimo de progresso fortemente presente no primeiro período da borracha no processo de transformação da cidade se mostrou incompatível com a qualidade socioambiental, privilegiou a economia concentrada nas mãos de poucos, “As grades riquezas permaneceram nas mãos de estrangeiros e uma pequena parte concentrada nas mãos de poucas famílias” (Pereira, 2006, p. 81), deixando a grande massa à mercê de sua situação e optou pelas intervenções da natureza com aterro de alguns igarapés e segregando a população mais pobre em bairros afastados. Santos (2019) reforça essa questão da concentração de renda ao afirmar que:

Da soma dos excedentes parciais, que iam sendo deslocados em sucessão para Manaus e Belém, beneficiavam-se particularmente as grandes casas ‘aviadoras’ e os exportadores de nacionalidade estrangeira sediados nas duas capitais (Santos, 2019, p. 197).

Segundo o autor, compartilhava desses rendimentos segmento da sociedade bem-sucedido em que “[...] o sistema resultava paralelamente numa incessante aspiração da renda do interior para Belém e Manaus, convertendo-se num dos mais

severos mecanismos de concentração de riqueza a médio prazo conhecidos no país” (Santos, 2019, p. 198).

Figura 13 – Registros fotográficos dos igarapés no estado ambiental identificados por Zona Geográfica.



Fonte: Roselito Carmelo (2021).

Na fase atual da ZFM/PIM, representada pela força do capital monopolista, a saga continua frente ao processo de transformação do sítio urbano da cidade com a destruição do capital natural e social, pelo primeiro se constata a continuidade da degradação dos cursos d'água e pelo segundo a presença em maior parte de ocupações

de favelados e comunidades urbanas que vão surgindo sem infraestrutura e em uma ligação direta com a falta de sustentabilidade do ambiente urbano.

Tal qual foi o cenário da exploração da borracha em que o capital internacional controlava e determinava o avanço econômico e toda estrutura de trabalho, assim se processa no ambiente atual da ZFM/PIM, em que o poder de mando na economia e na estrutura da relação de trabalho é ditado pelo capital estrangeiro.

Foram permitidos significativos incentivos fiscais, assim como foram realizados significativos investimentos destinados à infraestrutura na construção do DI com concessões de terrenos a preços simbólicos, no entanto, em outra direção, foi negado à grande maioria da população o direito à casa própria com a construção de casas populares que permitissem melhor qualidade de vida com infraestrutura e planejamento adequado, sem que degradasse de forma severa o meio ambiente.

É certo que a forma consolidada da ocupação espacial, a preservação do meio ambiente e a ZFM/PIM não estão alinhados a mais de 53 anos e o poder público, com elevada arrecadação, não tem priorizado a questão ambiental, principalmente, com enfoque ao saneamento básico (Costa, 2021).

Dotada de incentivos fiscais especiais com uma área de livre comércio de exportação e importação, principalmente “Isenção para entradas de mercadorias estrangeiras para consumo interno” (Pereira, 2006, p. 107), a ZFM facilitou a vida da população na direção do consumo desmedido, ainda que se diga de uma população de baixo poder aquisitivo, mas foi incentivado pelos comércios abarrotados de produtos essenciais e supérfluos que, de qualquer forma, contribuíram para o destino final dos componentes em desuso e embalagens, a calhas dos igarapés.

O rápido crescimento econômico, a crescente população e a invasão de produtos importados mais baratos permitiram uma realidade social diferenciada do ciclo da borracha, a área central da cidade de Manaus foi tomada pelo comércio informal com a proliferação de centenas de camelôs disputando com suas barracas e bancas, espaço com lojistas e a população de consumidores e, no afã dessa situação, duas realidades se concretizavam no espaço urbano: a informalidade e o consumo intenso,

Para Gomes, Souza Júnior e Costa (2019, p. 147),

[...] é possível compreender o camelô como um personagem do comércio de rua, ambientado pela informalidade, não amparado pelas leis trabalhistas e que usufrui do espaço público para exercício do seu ofício. O centro de Manaus já ambientado pelo comércio varejista e atacadista, ligado em

especial ao setor formal, começa a ser moldado também pelo comércio informal.

A crescente população do comércio informal é destituída dos seus direitos trabalhistas pelo fato de trabalhar por conta própria com renda limitada e sem grandes margens de lucro, refletindo diretamente na dificuldade de possuir uma casa própria, o que o direciona para as favelas com fortes indícios de ocupações nas adjacências do centro como aconteceu sobre os igarapés do Mestre Chico, Educandos, Cachoeirinha, Cachoeira Grande e São Raimundo nas décadas de 1970 e 1980.

Na medida em que a ZFM e o PIM foi se consolidando, cada vez mais pessoas se concentrando no sítio urbano, o efervescente comércio disponível pela frente de trabalho formal e informal foi também se expandindo para outros bairros em direção à periferia e se distanciando do centro.

O maior exemplo dessa descentralização de comércio pode ser comprovado na Zona Leste, na Avenida Autaz Mirim (antiga Grande Circular), na Zona Oeste, na Avenida Brasil e na Avenida Laguna, no Lírio do Vale, e Zona Norte, na Avenida Francisco Queiroz, no Monte Sinai, com o Manoa. Isso fez com que facilitasse o consumo dos bens oferecidos e, conseqüentemente, também à produção de resíduos provenientes de todo tipo de embalagens descartados nos vários cursos d'água.

Hoje, no cenário urbano, há inúmeras empresas de bens e serviços e comércio diversificados na oferta de produtos. Para muitos defensores, a ZFM/PIM na atualidade vive um período de pujança e nem de longe parece aquele tempo de estagnação que veio logo ao término do ciclo da borracha, para alguns parlamentares amazonenses e empresários, é o modelo econômico que mantém a floresta em pé e, com emprego, garante a população na cidade trabalhando nas fábricas que não poluem o ar atmosférico.

Se isso não for um discurso imaginário, o mesmo não se pode dizer em relação à própria capital do Amazonas olhando pelo prisma da sustentabilidade que se apoia no tripé (*triple bottom line*): social, ambiental e econômico, que forma um conjunto de ações adotadas pelas empresas que não enxergam só lucros, mas a responsabilidade socioambiental, no mínimo sobre o local onde se encontra instalada. Brianezi (2018) comenta que não é impossível de se conciliar a sociedade com a economia e a natureza, sem que ocorram grandes mudanças.

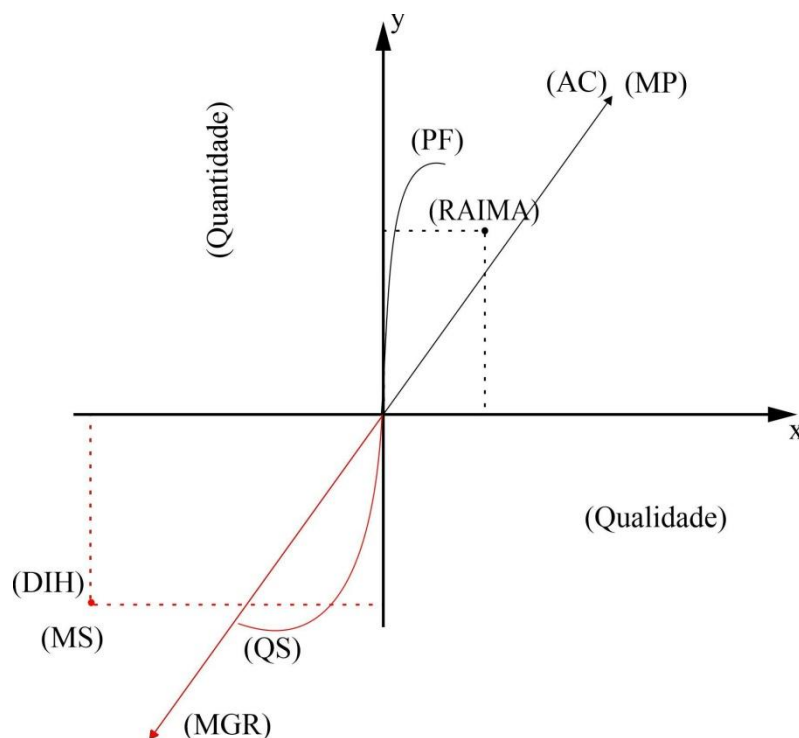
No entanto, no espaço da cidade, grande parte da população vive em favelas em condições precárias de saúde, insegurança, transporte caótico e ausência de saneamento

básico, se as fábricas do PIM não poluem o ar, não tiveram a responsabilidade e o tratamento adequado nos cuidados com os igarapés e suas microbacias, o olhar de sustentabilidade ficou opaco diante dos serviços de infraestrutura e qualidade socioambiental que são indesejáveis.

Costa (2021, p. 109) argumenta que “Os impactos poderiam ter sido menos negativos ou até positivos na hipótese, e apenas como hipótese de uma ocupação harmoniosa a partir de um prévio planejamento urbano que na realidade não se verificou e continua sem este viés”.

Nesse sentido, de uma forma ilustrativa usando o sistema cartesiano para exemplificar os aspectos positivos e negativos socioambientais no PIM como observamos na Figura 14, podemos dizer que na medida em que a Produção e o Faturamento (PF) se elevam numa curva ascendente, no quadrante oposto, decai em cenário negativo a Qualidade Socioambiental (QS).

Figura 14 – Ilustração da falta de equidade e os contrastes socioambientais no cenário do PIM na área urbana de Manaus.



Fonte: Roselito Carmelo, (2021).

Legenda: AC = Alta no Consumo; MP = Mais Produção; PF = Produção e Faturamento; RAIMA = Recurso para Amenizar os efeitos dos Impactos sobre o Meio Ambiente; DIH = Deixa de Investir em Habitações; MS = Moradias Subnormais; QS = Qualidade Socioambiental; MGR = Maior Geração de Resíduos.

Na medida em que ocorre Alta no Consumo (AC), exige-se Mais Produção (MP) e, conseqüentemente, Maior Geração de Resíduos (MGR) criando uma situação inversa num segmento linear de dados positivos, seguidos de dados negativos. Se, por uma via, desloca-se Recurso para Amenizar os efeitos dos Impactos sobre o Meio Ambiente (RAIMA) como na retirada de resíduos dos leitos dos igarapés, em outra, se Deixa de Investir em Habitações (DIH) e aumenta as mazelas com o recrudescimento das Moradias Subnormais (MS) gerando nesse cenário da cidade de Manaus a falta de equidade entre as partes.

Como medida mitigadora e inconsistente, o poder público retifica canais, constrói sistema de rip-rap nas margens dos cursos d'água, retira toneladas de resíduos da calha dos igarapés que, por sua vez, consome elevadas somas em recurso financeiro público, mas, na realidade, é preciso refletir e adotar plano de gestão territorial com frente de apoio baseado no trinômio: economia, política e ciência.

Esta revisão evidencia que, apesar dos discursos de sustentabilidade para o Amazonas e especialmente para Manaus, o poder público reiteradamente desconsidera seus princípios em suas ações. A cidade está (e sempre esteve) de costas para o meio ambiente, para seus rios e para os recursos naturais em geral. Infelizmente, os ciclos de degradação se repetem e nunca se observa uma política eficiente, com planejamento e efetiva sensibilidade ambiental.

A prevenção, por meio de planejamento técnico adequado, será melhor que remediar de forma paliativa situações que têm custos elevados aos cofres públicos e é também oportunizar às gerações futuras o direito de usufruir de um ambiente equilibrado. Se nossas ações forem embasadas em conhecimentos técnico-científicos compromissadas com os valores éticos, é possível uma convivência menos contraditória na sociedade e, conseqüentemente, uma relação mais harmoniosa com o meio ambiente.

Manaus, uma cidade rica em rede hidrográfica, é impossível não “esbarrar” num curso d'água e, quando se alteram as estruturas naturais dos igarapés, seja por aterramento e retificação, destrói-se a história geológica. Quando se degrada a qualidade das suas águas, destrói-se na sociedade a história e a cultura, com a impossibilidade de repassar as gerações o hábito e costume de pescar e tomar banho.

Apesar de possuir um polo industrial com força motriz capaz de fomentar permanentemente sucessivos movimentos migratórios, que apresenta no interior de suas empresas tecnologias de ponta para produção dos produtos eletroeletrônicos, com

incentivos fiscais para alavancar a produção, atrair mais indústrias e gerar bilhões de reais.

Revela uma realidade com sentido oposto ao do desenvolvimento sustentável que tem como base a equidade socioambiental. Caminhamos dessa forma, com a expansão urbana de Manaus sobre uma realidade contraditória no uso e ocupação da terra de uma cidade com elevada desigualdade socioespacial e serviços de infraestrutura precarizado.

A geração manauara da faixa etária dos 30 anos nasceu nesse cenário sem poder ter o prazer de conviver momentos de lazer para pescar ou de banhar-se nas águas escuras e frias dos igarapés com suas calhas de fundo arenoso, hoje, porém isso só é possível em balneários de longas distâncias fora da área urbana de Manaus e, à medida que a cidade cresce, essa barreira fica mais longe.

Sendo a questão da expansão urbana e da degradação das microbacias uma situação socioambiental que se entrelaça numa forte característica de cidade sem planejamento, é tema que está longe de se esgotar, porque a população cresce e, consequentemente, a área urbana também cresce.

É preciso manter esse diálogo nas academias, na população como um todo e nos devidos setores do poder público, com pauta e reivindicações voltadas para que o poder público cumpra o seu papel de administrador e ordenador do espaço, conciliando crescimento e desenvolvimento urbano com qualidade ambiental (principalmente dos corpos d'água) e que a legislação ambiental seja cumprida.

Pois, durante os dois ciclos econômicos da borracha, os governos estiveram comprometidos somente em atender o exigente mercado internacional e deixaram em segundo plano o lado socioambiental. Abandonaram a força de trabalho nos seringais, deixando-os a própria sorte, na área urbana, o processo de transformação espacial da capital segregou grande parcela da população em bairros sem infraestrutura urbana onde grande parte ocuparam áreas impróprias como as margens dos cursos d'água e área de encosta e renegou os igarapés aterrando-os, ou canalizando-os.

Sem grande diferença dos ciclos anteriores, o atual modelo econômico da ZFM gera um grande fluxo de riqueza concentrado nas mãos de poucos. Com apoio governamental, promoveu um grande fluxo migratório para a capital, expandindo a área urbana de Manaus com predomínio de favelados e na medida em que a área urbana cresce sem planejamento as microbacias vão sendo degradadas, transformando-se em esgotos a céu aberto e vetores de doenças.

Por fim, é uma realidade no espaço urbano de Manaus em expansão que se configura na contramão do desenvolvimento sustentável, não permite a equidade social e muito menos a preservação e conservação das microbacias que cada vez mais vai se tornando um recurso escasso por se tornar em ambiente deletério.

CAPÍTULO 2 – PESQUISA E PLANEJAMENTO EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA NA INTERFACE URBANA E RURAL

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA E QUALIDADE DE GESTÃO NO BRASIL

O ciclo hidrológico é formado por várias fases de forma contínua e indefinidamente na natureza, todas essas fases são de extrema importância para a vida na Terra, seja no estado gasoso, sólido ou líquido. A água está ligada diretamente aos ambientes abastecendo oceanos, rios, lagos e formando geleiras (Costa, 2021).

Esse processo no espaço e no tempo permite a formação dos rios com a água que aflora na superfície nas áreas de encostas ou originam-se a partir do derretimento de neve de altas montanhas, ou ainda são formados pela associação de ambos. Esse movimento dinâmico da água é uma parte que compõe o ciclo hidrológico (Costa, 2021).

Movido pelo efeito da gravidade e devido às irregularidades do relevo, a água flui sobre extensos percursos da parte mais elevada unindo-se a outros cursos d'água de diferentes dimensões, aumentando o corpo líquido e seguindo até ao exutório na parte mais baixa (nível de base). Ao longo do tempo em sua trajetória, o rio modela a paisagem, ocasionando erosão, transporte e deposição, e de diversas maneiras serve ao homem (Christopherson, 2012).

E sobre os continentes, a precipitação forma os rios de diferentes ordens de grandezas, nessa fase, segundo Naghettini e Pinto (2007), percorre diferentes caminhos como escoamento e armazenamento superficiais e subsuperficiais, evapotranspiração e infiltração.

Na superfície terrestre, o curso d'água é abastecido pela precipitação da chuva ou pelo degelo das altas montanhas para formar a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem. Para o IBGE (2021b, p. 7) “A superfície terrestre que capta a água da chuva e sobre a qual a água escoar, formando rios e córregos que drenam para uma saída comum, em um ponto mais baixo do relevo, chama-se bacia hidrográfica”.

Esse sistema que forma “a rede de drenagem conforma-se por uma sequência de canais fluviais interconectados nos quais a água se movimenta por gravidade [...] para formar curso de maior porte sendo construída uma rede de canais hierarquizados” (Stevaux e Latrubesse, 2017, p. 60). Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022, p. 41)

ressaltam que “A rede de drenagem (ou rede hidrográfica) é formada apenas pelos corpos d’água e suas conexões, não abrangendo as superfícies terrestres entre eles [...]”.

As formas mais altas do relevo delimitam a bacia hidrográfica e são estruturas definidas como divisores de água que separam as bacias hidrográficas entre si, direcionando o fluxo de água para um único canal que fluirá para o exutório. “O escoamento ocorre por gravidade pela superfície até um canal natural [...] (Bielenki Júnior e Barbassa, 2014, p. 70).

Segundo Silva (2019),

A bacia hidrográfica é a região envolvida por um território e por cursos d’água, de acordo com o escoamento superficial de água da chuva que compõem os cursos d’água, que escoam de um ponto mais alto do relevo até o ponto mais baixo em uma única foz ou exutório (Silva, 2019, p.21).

Para Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022), um curso d’água possui área de contribuição hídrica formando uma bacia hidrográfica. Nesse sentido “[...] uma bacia hidrográfica abrange uma área que pode ser de alguns metros até milhões de quilômetros quadrados, como é o caso da bacia do Rio Amazonas” (Barros, Magalhães Júnior e Lopes, 2022, p. 40)

Essa água que o homem tem contato direto encontra-se nos rios que vão formar as redes hidrográficas das bacias hidrográficas. Para Stevaux e Latrubesse (2017):

A bacia de drenagem de um rio corresponde não apenas à rede de canais, mas a toda a área de captação de água pluvial (e de neve), que pode escoar sob a forma de fluxo superficial acanalada, fluxo superficial não acanalada (*hortoniano e hipodérmico*) e fluxo subterrâneo (água freática) (Stevaux e Latrubesse, 2017, p. 59).

A bacia hidrográfica é no mapa definida por um segmento de linha que separa os canais principais que drenam para áreas mais baixas adjacentes. É uma forma elevada do relevo denominada de divisores de águas que direciona e determina o escoamento por gravidade de montante para jusante. “A linha que delimita a área de contribuição da bacia, ou a hidrologia ou a própria bacia, é o divisor de água” (Bielenki Júnior e Barbassa, 2014, p. 70).

O Brasil com dimensão territorial continental possui uma rica diversidade hidrográfica (Santiago, 2019). É importante conhecer os fatores que atuam sobre uma bacia hidrográfica. O regime de cheias e vazantes de uma rede hidrográfica está associado diretamente com a localização geográfica e a estação do ano.

Entender o funcionamento de uma bacia hidrográfica facilita o seu gerenciamento e é possível na prática estabelecer plano de gestão seja para uso específico como abastecimento de água, controle dos processos erosivos, uso recreativo ou para múltiplos usos (Bielenki Júnior e Barbassa, 2014).

É essencial a implementação de plano de gestão, pois como bem enfoca a Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, no inciso V do art. 1° afirma que a bacia hidrográfica é uma parcela territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e reforça no inciso VI que deve ter o envolvimento não só do poder público, mas dos usuários e da comunidade em geral (Brasil, 1997). Sendo de uso comum, então deve ser responsabilidade de todos na manutenção da qualidade ambiental.

Devido sua importância e sua dimensão no relevo claramente definida, a bacia hidrográfica, no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei das águas 9.433/1997 (Brasil, 1997), é uma unidade espacial de estudo e de gerenciamento.

Com a promulgação da PNRH, a bacia hidrográfica passa a ser considerada a unidade territorial ideal para o gerenciamento da água, levando à implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Com isso, reconhece-se a opção do governo brasileiro pelo uso de entidades sistêmicas de gestão (Moraes e Lorandi, 2016, p. 11).

De forma articulada, porém com competências descentralizadas para reforçar as ações da política nacional a serem implementadas sobre os recursos hídricos, a Lei n° 3.167, de 28 de agosto de 2007 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas assegura o planejamento em bacias hidrográficas (Amazonas, 2007).

Essa lei descreve em seu art. 1° inciso V que a bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos em conjuntamente com a atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Amazonas, 2007).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas (PERH/AM) assegura que a bacia hidrográfica é, em sua totalidade, uma unidade de planejamento (Amazonas, 2020), reconhece que, quando contextualizada a um modelo de planejamento e gestão numa visão em nível de Brasil, os recursos hídricos como um bem de domínio público e limitado vem perdendo sua qualidade.

Lima (2018) esclarece que a bacia hidrográfica não deve estar limitada apenas ao aspecto hidrológico, deve-se ir muito mais além incluindo os aspectos geomorfológicos, ecológicos, econômico e social. Neste sentido, todos os elementos da paisagem (físico e social) têm que estar envolvidos ao planejamento e conservação para que seja possível o uso múltiplo da água sem que o recurso venha ser degradado.

A aplicação do conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudo e de gerenciamento dos recursos hídricos está no fato de que a qualidade ambiental da bacia hidrográfica está intrinsecamente ligada às atividades de uso e ocupação da terra pelo homem.

Em conjunto aos fatores naturais atuantes na bacia hidrográfica, o homem atua e interfere se beneficiando dos recursos provenientes da bacia hidrográfica como abastecimento de água, sistema de irrigação e diversas outras atividades (IBGE, 2021c).

A água representa um bem natural indispensável na vida do homem com diversos valores políticos, econômicos e culturais, seja por uma representação simbólica nas diversas religiões como elemento importante com poder purificador (Marchesan e Funez, 2017).

Materializada nas diversas atividades, como especificam Moraes e Lorandi (2016, p. 9), “Os ambientes lênticos e lóticos foram usados até hoje [...] como abastecimento de água, geração de energia, irrigação, pesca, navegação, aquicultura, dessedentação de animais, diluição de efluentes, atividades de esporte e lazer, entre outras”. Entretanto, é essencial o cuidado para que não se degrade e afete a qualidade ambiental para que sejam garantidos os múltiplos usos da água a todos que dela se beneficiam.

Segundo Santiago (2019, p. 34), “Hoje se pode afirmar que existe uma conformidade de que as alterações ocorrentes quanto à qualidade da água são fruto, de forma direta ou indireta, das atividades humanas que detêm contato com a água, cuja utilidade é variada”. Para o autor, a água é importante em várias atividades realizadas pelo homem, no entanto, acaba introduzindo nesse recurso outras substâncias que alteram sua qualidade. Essa degradação é muito patente nos corpos hídricos situados nas áreas urbanas que perdem suas condições naturais com a introdução de resíduos sólidos e líquidos.

Cunha e Guerra (2000, p. 360) chamam atenção para o seguinte fato “A ocupação desordenada do solo em bacias hidrográficas, com rápidas mudanças decorrentes das políticas e dos incentivos governamentais, agrava seus desequilíbrios”.

Outra situação que pode comprometer ainda mais na demanda pelo recurso hídrico nos aglomerados urbanos está ligada à questão do desperdício quando se tem água disponível e por escassez permanente pela falta de sua disponibilidade por não estar igualmente distribuída na dimensão do espaço geográfico.

Nesse contexto, “[...] o Brasil é um país rico em recursos hídricos, com 12% da água doce do planeta [...]” (Magalhães Júnior, Lopes e Felliipe, 2022, p. 21), caracterizando aparente conforto em relação a outros países, no entanto esse recurso está disponível de forma desigual no país.

Assim, da mesma forma Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011, p. 43) corroboram dessa afirmativa ao discorrer que “O Brasil possui grande disponibilidade hídrica, distribuída de forma desigual em relação à densidade populacional”. Isso deixa evidente que, no país, existem três situações correlatas à água: 1) a desproporcionalidade do suprimento de água; 2) a distribuição irregular da população e; 3) as demandas per capita.

Segundo a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA, 2017, p. 8) “Cerca de 80% da água superficial do país encontra-se na Região Hidrográfica Amazônica que, por outro lado, possui baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso de água”.

Ab’Sáber (2021) explica que:

O mundo das águas na Amazônia é o resultado direto da excepcional pluviosidade que atinge a gigantesca depressão topográfica regional. [...] Na bacia Amazônica, vista em sua totalidade, circulam 20% das águas doces existentes no planeta (Ab’Sáber, 2021, p. 65).

Para o estado do Amazonas, essa grande disponibilidade de água pode ser observada no rio Negro que, de acordo com Marinho (2019), com mais de 80% da bacia sobre o território brasileiro é um dos maiores afluentes do Amazonas pela margem esquerda e sozinho apresenta uma vazão média anual da ordem de 30.000 m³ s⁻¹ contribuindo em 14% da vazão do rio Amazonas.

Apesar de ter como suporte uma legislação ambiental bem redigida, a degradação das bacias hidrográficas no Brasil tem se convertido em sérios problemas sem que o Poder Público tenha controle sobre as atividades antrópicas, que têm levado “A utilização indevida dos recursos hídricos e a falta de planejamento e de gestão adequada dos usos e ocupação do solo têm gerado graves problemas econômicos e ambientais” (Machado e Torres, 2012, p. 149).

De forma enfática Lemos *et al.* (2022) comentam uma situação muito presente e que não se pode descartar referente ao planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil de que:

A falta ou ineficácia de políticas públicas integradas no campo ambiental têm dificultado a construção de um planejamento territorial que considere de forma integrada o uso da terra e os usos da água, as desigualdades de acesso e a forte influência econômica de determinados setores econômicos (Lemos *et al.*, 2022, p. 105).

Sem planejamento quando da apropriação da terra o primeiro impacto que se produz é na supressão indiscriminada da cobertura vegetal que se estende sobre as áreas de encosta até atingir a vegetação ciliar dos cursos d'água, e a água no contexto do seu ciclo natural depois de a chuva deixar de ser um recurso natural para ser agente destrutivo.

O escoamento torrencial provocado pela erosão pluvial e o desaparecimento da interceptação pela vegetação fazem com que a água deixe de ser um recurso, capaz de alimentar as plantas, os animais e os homens, por meio das fontes e poços, entre períodos de chuvas para se tornar destrutivas, causando danos pelas inundações, a devastação de terras, colheitas, obras públicas, prédios e até de vidas humanas (Tricart, 1977, p. 33).

Essa situação vem mostrando ser um ciclo vicioso nas cidades brasileiras com a destruição total da vegetação, contaminação da água, destruição dos mananciais levando a alterações drásticas e desequilíbrio no funcionamento dos ecossistemas hidrográficos que também exerce papel importante na vida da ictiofauna, flora e fauna.

A água que se movimenta pela superfície do terreno tem uma associação direta com o relevo como agente modelador, pode ocorrer mudanças naturais, mas, “nos últimos anos, o homem tem participado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrio das paisagens” (Cunha e Guerra, 2000, p. 354).

Segundo Cunha e Guerra (2000), canais fluviais são descaracterizados por obras de engenharias e seguidos por ações antrópicas da população residente. Esses cenários descritos pelos autores são evidentes em muitos bairros da cidade de Manaus onde com a presença do poder público, profissionais “capacitados” realizam obras para construção de conjuntos residenciais sem cumprir o que determina a legislação ambiental e destroem os canais dos igarapés como visto na construção do Conjunto João Paulo II (Figura 15).

Figura 15 - Sequência temporal do igarapé entre 2006 e 2015 durante a obra de construção do Conjunto João Paulo II. Na foto de 2015 ao fundo um processo de invasão se consolidando.



Fonte: Roselito Carmelo (2006-2015).

Na figura 01, a foto de 2006 registra o início das obras com a retirada da vegetação ciliar, processo de terraplanagem do relevo com aterramento da planície de inundação até as margens do curso d'água. É possível observar que o corpo hídrico mantém a qualidade natural, com a água escura sem sedimentos em suspensão o que indica que o fundo ainda está arenoso sendo possível ser um ambiente de lazer (repare as pessoas tomando banho).

Em 2011, o registro fotográfico mostra o processo avançado de sedimentação do curso do igarapé com o leito estreito e assoreado com a qualidade da água alterada devido a cor cinza, indicando elevada carga de sedimentos em suspensão, sendo nessa fase já impróprio para o lazer.

No ano seguinte em 2012, é possível verificar que o curso d'água foi retificado e sem vegetação ciliar, ocorreu processo de sedimentação com movimento de massa para o interior do canal criando barra de sedimento e o desaparecimento do talvegue. “[...] mudanças do uso do solo nas encostas, influenciam os processos erosivos que poderão

promover a alteração na dinâmica fluvial [...] o que pode resultar no assoreamento do leito” (Cunha e Guerra, 2000, p. 361).

Com a conclusão das obras e os moradores já residindo no Conjunto João Paulo II, a foto de 2015 mostra que não é mais possível identificar o leito do igarapé que se encontra povoado por vegetação rasteira (gramíneas), o que pode indicar elevada carga de nutriente proveniente dos esgotos despejado na área.

Para Ab’Sáber (2021, p. 70) “Um igarapé típico é aquele que corre mansamente por um túnel quase fechado de vegetação florestal. [...] a maioria dos igarapés tem águas escuras, transporta poucos sedimentos clásticos e inclui materiais orgânicos em suspensão”.

O cenário dessa foto (ano 2015 – figura 15) mostra o estágio seguinte do ciclo de ocupação do sítio urbano de Manaus que envolvem as microbacias que, há muito tempo, vem se concretizando, onde os vazios urbanos e áreas impróprias vão sendo preenchidos por favelas como pode ser visto em último plano o avanço de uma invasão já consolidada seguindo sobre o que seria uma área de encosta em direção ao igarapé degradado.

Por outro lado, em primeiro plano, é possível verificar o início de uma construção de alvenaria na área de encosta realizada por morador do conjunto. Isso evidencia a falta de fiscalização pelos órgãos ambientais, haja vista, que o local é uma APP.

Referindo-se aos engenheiros e geomorfólogos, Guerra (2009, p. 198) comenta que “[...] falta ainda o desenvolvimento de trabalhos em conjunto entre esses especialistas [...] poderia resultar em melhores perspectivas [...]”. E em vez de se ter um cenário como esse da sequência temporal das fotos onde em nove anos o igarapé foi destruído, poderia com ações de planejamento ter mantido as qualidades ambientais da microbacia.

A ação antrópica pode modificar o ciclo de evolução de um sistema disposto na natureza por muito tempo e a contaminação da água, devido ao seu uso indiscriminado e ilimitado de maneira desordenada, pode levar à escassez e à destruição dos mananciais (Moraes e Lorandi, 2016).

Tricart (1997) salienta que com a alteração da cobertura vegetal, transforma-se o valor econômico da água, pois, ao suprimir a vegetação de uma bacia hidrográfica, modifica-se o regime dos rios e uma cidade precisa de água com qualidade. Para o autor, “A maneira dinâmica de abarcar os problemas permite, por conseguinte,

introduzir critérios de ordenação e gestão do território. A decisão naturalmente é do poder público” (Tricart, 1977, p. 33).

Para Marchesan e Funez (2017, p. 22), “[...] os rios foram ignorados e desprezados pela sociedade. Tal desprezo pode ser comprovado pelo intenso e contínuo lançamento de produtos nocivo nos rios, o que, conseqüentemente, deteriora e altera a qualidade das águas”.

De acordo com Pires, Santos & Del Prette (2002), na perspectiva de um estudo conceitual em bacia hidrográfica, essa tem área definida drenada por um rio principal seguidos por diversos afluentes, representa uma unidade oportuna para realizar estudos qualitativos e quantitativos com vista à conservação dos recursos naturais existentes.

Dessa forma, diante desse enfoque, cabe ao poder público como gestor do espaço geográfico implementar as diretrizes de organização do uso e ocupação da terra, principalmente, sobre as bacias hidrográficas, não só na cidade, mas também na zona rural, no entanto, suas ações têm deixado a desejar. Independentemente do local onde possa ocorrer a degradação, os efeitos sempre recairão sobre a sociedade, principalmente, aos menos favorecidos financeiramente.

2.1.1 Microbacia e parâmetro de classificação

Apesar de não existir claramente um método utilizado para classificar o que seja uma microbacia, o termo é bastante usual nas pesquisas. Para Teodoro (2007), a microbacia está sempre presente no estudo técnico-científico, sendo o termo relativo, porque bacias podem ser desmembradas em qualquer número.

Sob a ótica analítica a partir dos seus dados naturais, uma bacia hidrográfica não tem diferença quanto a sua área (grande, média ou pequena). De acordo com Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022, p. 40) “A classificação por tamanho da área em micro, meso e macrobacias não é bem estabelecida na literatura quanto às dimensões exatas associadas a essas denominações.”

O uso do termo microbacia está mais especificado para as ações voltadas ao estudo e planejamento. Segundo o glossário de termos e expressões relacionados à gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente especifica que:

Sob o aspecto físico, a microbacia não se diferencia da definição de bacia hidrográfica, podendo até ser classificada como uma pequena bacia. Esse conceito surgiu pela dificuldade de se planejar a intervenção em bacias

hidrográficas, com toda a sua complexidade e infinitas variáveis socioeconômicas e ambientais. A microbacia é adotada para a realização de programas e estudos, se contrapondo ao gigantismo da bacia (Minas Gerais, 2012, p. 66).

No entanto, Botelho e Silva (2014) percebem que existe certa resistência em pesquisadores que, em vez de adotar o nome microbacia hidrográfica, usam o termo sub-bacia hidrográfica, mas, segundo os autores, com o passar do tempo, técnicos, engenheiros agrônomos e o próprio meio acadêmico adotaram o termo. Para os autores, as microbacias apresentam dimensões menores e devem ser selecionadas de forma cuidadosa.

Neste sentido Botelho e Silva (2014) descrevem a seguinte narrativa sobre microbacia:

Mesmo não havendo consenso sobre sua definição e, principalmente, dimensão, a microbacia foi sendo cada vez mais utilizada pelos profissionais da área ambiental em seus projetos de pesquisas, permitindo que traços comuns fossem reconhecidos e caracterizassem o seu uso. Assim, pode-se afirmar que microbacia é toda bacia hidrográfica cuja área seja suficientemente grande, para que se possam identificar as inter-relações existentes entre os diversos elementos do quadro socioambiental que a caracteriza, e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis (materiais, humanos e tempo), respondendo positivamente à relação custo/benefício existente em qualquer projeto de planejamento (Botelho e Silva, 2014, p. 157).

A utilização do conceito está muito presente no estudo de gerenciamento e planejamento dos corpos hídricos com gestão agregado ao desenvolvimento sustentável. Segundo ainda Botelho e Silva (2014), o termo microbacia tem-se utilizado para dimensões entre 20 e 50 km² para o planejamento, porém, afirmam que seguindo os mesmos critérios de escolha e análise para projetos de planejamentos ambientais justificam microbacias com até 100 km².

Nessa perspectiva, corroboram Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022, p. 40) de que “[...] microbacias são comumente classificadas como as de tamanho inferior a 100km², porém esse critério é muito relativo à luz do que se considera ‘pequeno’ ou ‘grande’ em cada contexto, sabendo-se das diferenças regionais [...]”.

Não existe uma definição regulamentada para caracterizar o termo e dimensão de microbacia, mas, nas pesquisas que são produzidas na literatura científica, existe o consenso de que se caracterizam numa escala menor quando comparadas as sub-bacias e bacias hidrográficas.

Essa dimensão incorporada para a microbacia se restringe até a 10.000 ha que corresponde a uma área de 100 km², atendendo a sistematização proposta por Faustino (1996) em que a microbacia possui área inferior a 100 km² e uma sub-bacia detém a dimensão entre 100 km² e 700 km².

Sem identificar parâmetros para classificar uma microbacia em 1987, foi criado o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas sob a tutela do Ministério da Agricultura objetivando naquela época três ações:

I - executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação dos recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e objetivando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias, bem como da renda dos produtores rurais; II - estimular a participação dos produtores rurais e suas organizações nas atividades de que trata o inciso anterior; III - promover a fixação das populações no meio rural e reduzir os fluxos migratórios do campo para a cidade (Brasil, 1987).

Salienta-se que as medidas visam a promoção de um adequado aproveitamento no âmbito da produção agrícola e pecuária, subtendendo-se que o Decreto Nº 94.076, de 5 de março de 1987 que instituiu o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas abrangia apenas áreas do espaço geográfico rural.

Outra medida do programa de microbacias diz respeito à preocupação de fixar o homem no campo objetivando evitar uma migração em massa para as cidades. Na realidade nesse período, já ocorria um forte estímulo e investimento na industrialização brasileira fazendo com que as cidades se tornassem polo de atração de mão de obra.

Nesse sentido, pode-se dizer que o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas não teve força para fixar o homem no campo como, por exemplo, no caso do Amazonas com a criação da Zona Franca de Manaus em 1967, que estimulou entre as décadas de 1970, 1980 e 1990 um verdadeiro êxodo rural para Manaus. Sobre esse contexto, ver o capítulo 1 - Os ciclos econômicos da borracha e a Zona Franca de Manaus: expansão urbana e degradação das microbacias (Silva e Scudeller, 2022).

Um dos motivos que desencadeou esse fluxo migratório para a capital do Amazonas foi a falta de incentivo aos produtores rurais por parte do governo federal que deixou a população da zona rural abandonada, à mercê da própria sorte, deixando de cumprir a segunda e terceira ação do programa que era respectivamente estimular e fixar o homem no campo.

Se a preocupação naquele período era com a prática racional dos bens naturais da zona rural, não se teve a preocupação de estender a proteção até a zona urbana onde a

população que migrou para as cidades, em sua maioria sem poder aquisitivo e sem uma política habitacional que fosse abrangente a todos, foram ocupando lugares impróprios, destruindo as microbacias reduzindo-as a verdadeiros esgotos a céu aberto.

As bacias hidrográficas são unidades físicas que têm limites determinado por fatores topográficos que acumula volume de água abastecido por precipitação de água da chuva e que podem ser subdivididas como, por exemplo, em sub-bacias, no entanto o que importa é viabilizar uma forma para facilitar sua análise (Santiago, 2019).

Desde 2019, tramita um novo Projeto de Lei 4.778/19 que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas. O novo texto prevê alteração no programa nacional de microbacias criado em 1987. Em dezembro de 2021, a proposta foi aprovada na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania da Câmara dos Deputados.

Esse projeto traz no artigo 1º parágrafo único uma nova redação para conceituar e parametrizar uma microbacia.

Entende-se por microbacia hidrográfica a área fisiográfica, inclusive sua cobertura vegetal, drenada por curso de água ou por sistema de cursos de água conectados de até terceira ordem na hierarquia fluvial e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou espelho de água (Câmara dos Deputados, 2019, p. 1).

O parâmetro utilizado para caracterizar a microbacia, nessa nova política nacional de microbacias, tem como base a hierarquia fluvial para o curso d'água de até terceira ordem. Esse ordenamento da drenagem foi proposto por Strahler em 1957. Segundo Bielenki Júnior e Barbassa (2014), a sequência de ordem se inicia a montante na bacia hidrográfica. A rede de drenagem se interliga por uma sequência de canais que vai desaguar no curso principal.

Bielenki Júnior e Barbassa (2014, p. 82) especificam que “O sistema de drenagem de uma bacia é composto de um sistema de canais, que podem ter diversas forma e ramificações. Quanto mais servida de canais maior ramificação e maior extensão houver em uma bacia, mais eficiente sua drenagem [...]”.

Nesse sentido, por meio dessa política de microbacias, ficou estabelecido o parâmetro da hierarquia fluvial para designar o limite de uma microbacia, no entanto o que se observa que mesmo as bacias de escalas menores vêm sendo degradadas.

Sejam aquelas compostas de primeira ordem como as nascentes situadas, principalmente, na área urbana, não têm tido atenção especial por parte do poder

público em mantê-las preservadas e geralmente tem levado a rede hidrográfica que forma as microbacias ao colapso ambiental.

Para estabelecer um plano de gestão em nível de microbacia, é preciso entender os elementos que envolvem o ecossistema hidrográfico, nesse sentido, Botelho e Silva (2014) argumentam que se deve levar em conta a somatória dos componentes hidrológicos que fazem partes como vegetação, água, solo, ar e os processos envolvidos como escoamento, infiltração, inundações erosão, assoreamento e degradação.

As centralizações das ações devem ser atuantes na conservação dos ecossistemas que compõem a microbacia: vegetação, solo e água, e sendo na zona urbana minimizar as pressões antrópicas sobre os corpos d'água com esgotamento sanitário e descarte de resíduos sólidos.

Os estudos em nível de microbacias sejam nas áreas urbanas ou rurais são importantes, porque visam não só beneficiar a população como também a atenuar os possíveis impactos gerados nos rios pelas intervenções antrópicas (Costa, 2000).

O mais importante e desejável é que se estabeleçam programas em microbacias que possam efetivamente proteger os recursos naturais com planejamento adequado no uso e ocupação do solo independente de sua dimensão geográfica.

Assim, devido a uma escala dimensional menor, a microbacia se mostra como unidade territorial ideal ao planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, permite-se realizar um estudo com mais rapidez visando à possibilidade de avaliar e prevenir os impactos que possam ocorrer determinando a melhor forma de aproveitamento do seu potencial ou mitigar os que já existem. Seria importante no Projeto de Lei 4.778/19, estender os objetivos com ações específicas também para as microbacias urbanas, visto que só trata o assunto relacionado para área rural.

2.2 AS GEOTECNOLOGIAS NA PESQUISA DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO

2.2.1 Geotecnologia na pesquisa e planejamento da bacia hidrográfica na dimensão urbana e rural

Para que as ações antrópicas sobre os ecossistemas hidrográficos possam ser mitigadas ou orientadas de acordo com o desenvolvimento sustentável, é preciso

conduzir estudos mais detalhados para compreender toda dinâmica que ocorre sobre a sua superfície.

O grau de transformação que ocorre no seu interior ocasionado pela ação humana, principalmente, pelos múltiplos usos da água, quando “da ausência de um programa bem definido e operacional de planejamento ambiental, para uso e manejo dos recursos disponíveis, a atuação da população resulta na deterioração do ambiente e de suas próprias condições de vida” (Kouakou e Silva, 2013, p. 305).

As geotecnologias apresentam-se na atualidade como fortes aliadas da pesquisa ambiental, principalmente, no cruzamento de dados e integração de diversas variáveis, a esse respeito, Morais e Lorandi (2016, p.12) enfatizam que “o uso de produtos oriundos do sensoriamento remoto e a aplicação de técnicas de geoprocessamento a partir da utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) tornam-se cada vez mais essenciais”.

Conforme Macedo e Lima (2022), é a partir do século XXI que ocorre um acelerado desenvolvimento das tecnologias e tem facilitado o uso do geoprocessamento por meio das geotecnologias que se vale da coleta de dados, processamento, análise e disponibilização de dados espaciais.

A utilização dessa tecnologia consolida uma realidade e crescente demanda na manipulação e interpretação de imagens digitais proveniente do sensoriamento remoto e dos diversos processamentos de informações e geração de banco de dados (Zanotta, Zortea e Ferreira, 2019). Para os autores, é possível realizar uma série de operações aritméticas com as imagens de satélite.

Sousa, Falcão e Costa (2017, p. 14) explicam que “com os avanços tecnológicos, por meio do aprimoramento das técnicas de tratamento digital de imagens, são criadas novas possibilidades de extração de informação de imagens captadas por diferentes sensores orbitais”.

Nesse sentido, diante de tantas variáveis presentes em uma bacia hidrográfica, Morais e Lorandi (2016), ao comentarem sobre o uso do SIG na gestão de bacias, dizem que fica mais fácil, porque se trabalha com escalas espaciais, temporais e integração de múltiplas escalas, visto que muitas vezes são necessárias para se compreender o dinamismo ecológico e as ações antrópicas que acontecem em diferentes escalas.

Conforme enfatiza Fitz (2008, p. 22), “O desenvolvimento dos SIGs deve-se, entre outros fatores, à evolução do computador (*hardware*) e de programas específicos (*software*) que conseguem resolver os problemas de quantificação de maneira mais

rápida e eficaz”. O SIG, dessa forma, torna-se uma ferramenta versátil e essencial para uma análise integrada da bacia hidrográfica envolvendo todos os componentes que nela existe com vista a sua gestão seja na área urbana como rural.

Explicam Macedo e Lima (2022, p. 221) que:

A utilização das geotecnologias na gestão dos recursos hídricos tem diversas aplicações, como na modelagem de processos hidrológicos, em sistemas de captação e tratamento de água, em estudos de qualidade de água, no planejamento territorial através do gerenciamento espacial de informações e em estudos de definição de Área de Proteção Permanente (APP).

Com os avanços tecnológicos e seus resultados mais precisos, é cada vez mais intenso o uso das geotecnologias no estudo ambiental, principalmente, na abordagem ecossistêmica de bacia hidrográfica em que o SIG está diretamente empregado à elaboração dos mapas temáticos, na análise geomorfológica, uso do solo, cobertura vegetal, na avaliação de impactos ambientais e ordenamento territorial.

Segundo Bielenki Júnior e Barbassa (2014, p. 18) “As funcionalidades de um Sistema de Informações Geográficas não só permitem como facilitam as análises necessárias às atividades de gerenciamento de recursos hídricos dentro de sua célula básica que é a bacia hidrográfica”.

As geotecnologias formam um conjunto de ferramentas importantes na pesquisa. Devido à disponibilidade de imagens de satélites que mapeiam a superfície terrestre, nas mais diversas resoluções possibilita a produção de mapas com coordenadas geocodificadas (Zanotta, Zortea e Ferreira, 2019).

Isso vem favorecer no mapeamento e no estudo em bacia hidrográfica: o Sensoriamento Remoto para obtenção de dados, o SIG para análise de dados, o Banco de Dados Geográfico para armazenamento de dados e o Geoprocessamento para manipulação e processamento de dados. Sousa, Falcão e Costa (2017) citam que:

Além do mais, com o uso de produtos orbitais em *softwares* de processamento digital de imagens, é possível manipular os dados utilizando recursos como contrastes, composições, classificação, funções de análises espaciais etc., que permitem reconhecer classes mapeadas e cruzar planos de informações (mapas temáticos) diferentes, obtendo-se uma nova informação (Sousa, Falcão e Costa, 2017, p.15).

Tão importante é o uso das geotecnologias que Bielenki Júnior e Barbassa (2014) enfatizam ainda que a Lei Federal nº 9.433 de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, prevê devido ao atual estágio de desenvolvimento

tecnológico o uso do SIG nos instrumentos de gestão de recursos hídricos, inclusive a ANA, criada em 2001 vem trabalhando com o SIG na modelagem de um sistema que possa fornecer subsídios aos planejadores de recursos hídricos.

Por conta do desenvolvimento e avanço da tecnologia de ponta investida no campo do mapeamento, sensores embarcados em plataformas aéreas têm permitido, por meio da técnica da aerofotogrametria, produzir informações na cartografia em níveis cadastrais com escalas grandes de até 1:2.000. Bielenki Júnior e Barbassa (2014, p. 227) comentam sobre as fotos aéreas que “Possuem como característica principal o alto nível de resolução que podem obter, permitindo a restituição em escala de níveis cadastrais”.

A recente tecnologia empregada no mapeamento do espaço geográfico foi introduzida no país com nome popular de drone por estar associada a objeto de lazer (*Hobby*). Devido a sua rápida disseminação no país e uso diversificado, levou a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2018), em 03 de maio de 2017, regulamentar essas plataformas voadoras no Brasil sendo diferenciadas entre si por categoria.

Soares (2017) diz que os drones foram recentemente regulamentados no Brasil com câmera embarcada e, devido às múltiplas aplicações, era necessário ter o seu controle.

Nesse sentido, para trabalhos técnicos e científicos, a ANAC (2020), órgão regulamentador que licencia, registra e emite autorização de voos, faz a distinção de categoria quando empregada em pesquisas experimentais. Inicialmente foi denominada de Veículo Aéreo Não Pilotado (VANT), no entanto, por estar mais associado a veículo terrestre, posteriormente, foi classificada como Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

De acordo com Silva, Araújo e Rebouças (2018),

[...] os drones têm sido empregados em pesquisa e experimento com o nome de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), que devido a sua versatilidade traz novas perspectivas ao homem pela sua facilidade de manuseio, agilidade e precisão na obtenção das imagens da superfície terrestre com excelente qualidade de detalhamento do relevo, dos processos erosivos e outros tipos de impactos ambientais (Silva, Araújo e Rebouças, 2018, p. 310).

Na análise de Impactos ambientais em microbacias, essa ferramenta produziu bons resultados quando, em um estudo no ano 2015, na Zona Norte de Manaus, foram realizados voos com um VANT munido de um sensor de captura de imagem, foi possível monitorar os processos erosivos utilizando a técnica da aerofotogrametria e foi comprovado que,

[...] com o sensoriamento remoto a partir das imagens de satélites aliadas ao uso de novas tecnologias como o Vant na produção de imagens aéreas, tornam-se importantes para produção de estudo com resultados satisfatórios na identificação e análise de impactos ambientais (Silva, Araújo e Souza, 2017, p. 158).

A ARP tem sido eficiente com resultados rápidos no imageamento, como no estudo do relevo de processos erosivos no monitoramento de voçorocas sem a utilização de tecnologias convencionais como imagens de satélites, apresenta excelente qualidade e acurácia, segundo Silva e Araújo (2019, p. 279), “Possibilita-se com o uso dessa tecnologia novos cenários devido à facilidade no processo de operacionalização em campo da aquisição das imagens, permitindo rapidez, na disponibilização de dados para o geoprocessamento”.

A tecnologia da ARP facilita o monitoramento de áreas da superfície terrestre, principalmente, aquelas de difícil acesso e visualização, para Dougherty (2019, p. 212) “pode ser usado para alcançar e observar áreas remotas que, de outra forma, exigiriam um esforço enorme, bem como para fotografar repetidamente a mesma região”.

Em um trabalho de pesquisa de monitoramento de determinada área como em microbacia hidrográfica, é possível comparar fotos tiradas mensal, semanal ou até diariamente superando as imagens disponibilizadas por satélites que leva mais tempo, possibilitando em determinada ação uma tomada de decisão com maior rapidez.

Nos últimos anos, graças ao avanço da tecnologia na utilização dos levantamentos aerofotogramétricos, as ARPs são plataformas excelentes de monitoramento quando utilizadas no auxílio de planejamento estratégicos em partes da superfície terrestre como em aterros sanitários (Cunha, Bertol e Bortolotto Buck, 2022).

Nesse contexto geral, Mendonça (2014, p. 67) diz que “O desenvolvimento e emprego da informática e do sensoriamento têm se constituído, entre outras, em ferramentas essenciais ao aprimoramento do trabalho”.

Esse conjunto de geotecnologias seja a convencional a partir dos satélites tem sido de suma importância, complementada com o uso das ARPs, devido sua eficiência e rapidez nos resultados das variadas realidades, com sua ajuda na análise ambiental tem se permitido conhecer e avaliar os diversos componentes, processos e interações que ocorrem na bacia hidrográfica.

É possível sistematizar, organizar dados e realizar a geração de informações com nível de precisão e excelente acurácia sobre os mais diversos componentes de uma bacia hidrográfica, nas diferentes escalas espaciais: micro, pequena, média e grande utilizando

as ferramentas disponíveis pelas geotecnologias permitindo assim ação de planejamento e gestão ambiental.

2.2.2 Abordagem sistêmica, ecodinâmica e morfodinâmica no contexto de microbacias

Os elementos que compõem um sistema se estabelecem pela entrada (*input*) de energia solar e sua distribuição e saída (*output*) de toda a realidade perceptível, uma microbacia hidrográfica pode ser tomada como exemplo (Mendonça, 2015).

Na abordagem do sistema, utiliza-se da análise integrada da conexão da natureza com o homem. As unidades ecodinâmicas são integradas ao conceito de ecossistemas e, a partir também de uma visão integrada, é possível fazer uma abordagem da natureza e a sociedade.

Uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. [...] Geralmente, a morfodinâmica é o elemento determinante [...] depende do clima, da topografia, do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros (Tricart, 1977, p. 32).

O autor enfatiza ainda que “O conceito de unidades ecodinâmica é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria” (Tricart, 1977, p. 32). No meio ambiente nada está estático, tudo está inter-relacionado e que uma ação desencadeia intervenções diretas ou indiretas em outro elemento do ecossistema.

Ao estudar o campo da análise ambiental, Ross (2014, p. 48) comenta que “[...] a paisagem seja analisada pelo seu comportamento dinâmico, partindo da identificação das unidades de paisagem que denomina de unidades ecodinâmicas”, baseando-se no instrumento lógico de sistemas, com relações integradas dos vários componentes da dinâmica que compõe o meio ambiente e a morfodinâmica é o elemento determinante do processo.

Dessa forma, a gestão dos recursos naturais exige avaliar os efeitos dos impactos a serem causados pela ação antrópica no ecossistema com o mínimo possível dos efeitos negativos minimizando a degradação com atitudes mais adequadas e planejadas.

Em uma definição mais direta da apropriação dos ecossistemas, Silva, Schulz e Camargo (2007, p. 41) argumentam que “O homem, embora seja parte do ecossistema em que vive, normalmente coloca-se como parte não integrante do ambiente e continuamente tenta manipulá-lo”, sem dúvida, em sua maior parte se apropria do ambiente sem planejamento levando à degradação.

A composição do sistema é formada pelos seus vários elementos e suas relações, cada elemento é uma unidade básica do sistema, porém não está de forma isolado, um rio é um elemento do sistema hidrográfico que vai se interconectar com todos os outros elementos (Christofoletti, 1980).

Como exemplo citado pelo autor, a vertente que for alterada em sua estrutura como a retirada da vegetação que protege o solo, vai introduzir maior volume de sedimentos para o interior do canal fluvial pelo efeito de outro elemento que é a chuva (Christofoletti, 1980).

Nesse sentido, Mendonça (2015), constata que os elementos formados pelas variáveis como relevo, vegetação, hidrografia, clima, ação antrópica e degradação ambiental se inter-relacionam e interagem num estado dinâmico, ou seja, para se trabalhar tais variáveis, propõe uma análise integrada dos sistemas ambientais.

Sendo assim, os dados topográficos são conjuntos e fontes de variáveis importantes e frequentemente solicitadas nas análises ambientais aplicadas aos estudos das bacias hidrográficas.

Segundo as análises de Ross (2014), é possível mapear os elementos da paisagem, suas dimensões e formatos são atributos importantes para o entendimento de sua gênese e dinâmica atual e sua representação cartográfica é um recurso técnico-científico importante para efeito de sua aplicação.

Entre as várias classificações de sistemas, as bacias hidrográficas são definidas por Christofoletti (1980, p. 3) como “abertos, são aquelas nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo”.

Quando os mecanismos de retroalimentação de energia e matéria não estão ajustados perfeitamente às condições do mesmo, por conta da modificação de um ou mais atributos, a condição de equilíbrio é quebrada, e a partir de então o sistema aumenta sua entropia, que é entendida como o grau de desordem do mesmo (Souza, 2013, p. 77).

O ser humano é um agente transformador da paisagem e quando intervém sobre ela, afeta, primeiramente, a cobertura vegetal e isso interfere na energia da radiação que

chega ao solo com reflexo sobre a flora e fauna e, conseqüentemente, na fertilidade desse solo e sua resistência à erosão pluvial que vai desencadear o regime hídrico (ROSS, 2014).

O aspecto dinâmico orienta para a avaliação do meio ambiente, assim Tricart (1997, p. 35) propõe uma classificação onde foi “levado a distinguir três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: meios estáveis, meios *intergrades* e os fortemente instáveis”.

As unidades ecodinâmicas com comportamento morfodinâmico estável apresentam cobertura vegetal densa e os fatores envolvidos em equilíbrio, no entanto faz uma restrição sobre esse meio fitoestável que os fundos de vales podem se constituir em subambientes instáveis devido à hidrodinâmica existentes nos cursos hídricos pela variação do nível d’água.

A vegetação tem um papel importante na proteção do solo por amortecer o efeito da energia cinética das gotas de chuvas que têm poder destrutivo quando diretamente atingem o solo, além de que, retém ou minimiza o escoamento superficial e, em se tratando de chuva na Amazônia, essa tem uma ação rápida mais muito intensa.

As unidades ecodinâmicas com comportamento morfodinâmico *intergrades* são as áreas em transição dos meios estáveis para os instáveis, ou seja, o termo significa um meio de transição de forma gradual entre as duas situações.

Para Tricart (1997, p. 48), “A morfodinâmica pode-se acelerar ao ponto de superar a pedogênese em rapidez. O balanço pedogênese/morfogênese torna-se então negativa. “A cobertura vegetal no balanço pedogênese/morfogênese assume grande importância” (Tricart, 1997, p. 51). Esse meio *intergrades* forma um cenário mais delicado suscetível a transformar-se em meios instáveis.

Unidade ecodinâmica com comportamento fortemente instável é quando, segundo Tricart (1997, p. 53), “À degradação antrópica se acrescenta as (sic) causas naturais”, destruição da vegetação conseqüentemente destrói o solo rapidamente e apresenta desequilíbrio ou instabilidade em que predomina a ação morfogenética sobre a pedogenética, desenvolvimento de processos erosivos (sulco, ravinamento e voçoroca). “A pedogênese é interrompida e seus efeitos anulados pelo fenômeno morfogenético” (Tricart, 1997, p. 61).

A paisagem como um sistema complexo sofre constantes transformações na dimensão de espaço e tempo por ser dinâmica em função dos processos atuantes (Guerra e Marçal, 2009).

Com as abordagens ecossistêmicas, todas as informações integradas a partir das unidades de paisagens estudadas num determinado período de tempo permite melhor compreensão da apropriação do espaço geográfico criando possibilidades para que ocorra o planejamento.

2.3 ANÁLISE DE VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES

A superfície terrestre está sempre em constante dinamismo e transformações, como resultado apresenta diversidade de padrões de forma de relevo. Essas diversidades de padrões de forma estão em associação com o clima, vegetação, solo e água e interligados ao mesmo tempo por um conjunto de interdependência estabelecido na dimensão tempo e lugar.

Essa parte da litosfera é de grande significância para o homem, haja vista que é sobre o relevo que ele realiza as mais diversas atividades de provimento para sua sobrevivência. Ao mesmo tempo em que está sujeito ao seu dinamismo e transformações naturais, também interfere causando mudanças deixando modificações que antes representavam potencialidades a um estado de vulnerabilidade.

Conforme sinalizam Costa, Souza e Silva (2021), é importante mapear as unidades de paisagens naturais e antrópicas sob as perspectivas das vulnerabilidades e potencialidades ambientais de forma integral, pois funcionam dentro de uma continuidade de energia e matéria no sistema.

Nessa generalidade do meio físico, a variedade de elementos pode ser entendida no campo da geodiversidade para qualificar os elementos possibilitando o entendimento sobre as potencialidade e limitações com vista ao planejamento de uma área específica, assim Pfaltzgraff (2010) salienta que:

Convém ressaltar que o conhecimento da geodiversidade implica o conhecimento do meio físico no tocante às suas limitações e potencialidades, possibilitando a planejadores e administradores uma melhor visão do tipo de aproveitamento e do uso mais adequado para uma determinada área ou região (Pfaltzgraff, 2010, p. 13).

Ab'Sáber (2021), ao trabalhar os domínios morfoclimático e fitogeográfico que envolvem um mosaico de feições do relevo, solo, tipos de vegetação e condições climático-hidrológico, a sua compreensão só poderá ser possível se for trabalhada de

forma integrada. Para o autor, os conjuntos de sistemas paisagísticos estão sob complexa situação opostas de transformações a da natureza e a dos seres humanos.

De certa forma, tudo que o homem retira do meio ambiente para atender suas necessidades, ele tem como resposta dois cenários: um são as vantagens que os recursos que lhe beneficiará, o outro são os impactos negativos que, dependendo de como foi extraído, terá maior ou menor amplitude.

2.3.1 Vulnerabilidades em sistema ambiental de bacia hidrográfica

Determinadas mudanças provocadas por fatores natural ou humano podem deixar o ambiente em vulnerabilidade a diferentes níveis de exposições aos fatores adversos nos quais podem ocasionar impactos e riscos relevantes. Segundo Costa, Souza e Silva (2021), de acordo com o grau de vulnerabilidades, atribuem-se valores que são variantes de acordo com o estado do ambiente.

Vulnerabilidade é o limite em que um sistema ambiental é afetado e que, pela ausência de ações do Poder Público, o meio ambiente é degradado (Santiago, 2019). Então vulnerabilidade “Revela a fragilidade de um sistema e a capacidade deste de superá-lo” (Minas Gerais, 2012, p. 110).

De acordo com o Glossário de Termos Técnicos Ambientais Rodoviários vulnerabilidade ambiental:

É entendida pela reduzida ou mesmo falta de condição que tem os fatores ambientais da área de influência de realizarem sua auto-capacitação, quanto à adaptabilidade, reorganização e superação de seus atributos em relação a evolução natural do quadro ambiental, procedendo-se uma ruptura nas relações essenciais do ecossistema, havendo perda da sustentabilidade ambiental do território (Brasil, 2006, p. 107).

Neste caso, o sentido de vulnerabilidade é entendido a partir da falta de capacidade ou fragilidade em que se encontra o ente natural diante dos processos de mudanças levando ao seu rompimento entre as partes da composição do ecossistema, gerando um cenário de degradação ambiental.

Corroborando nesse sentido, Aquino, Paletta e Almeida (2017, p. 15) afirmam que,

[...] vulnerabilidade ambiental pode ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações

externas. Pode ser decorrente de características ambientais naturais ou de pressão causada por atividade antrópica; ou ainda de sistemas frágeis de baixa resiliência.

A vulnerabilidade pode ser conceituada na dimensão social e ambiental. Na dimensão social, o ambiente, ao passar por transformações com impactos negativos no meio físico, altera a qualidade dos serviços ambientais ficando comprometida com a degradação, deixando a vida do ser humano em vulnerabilidades. “[...] Vinculada as questões ambientais, a vulnerabilidade pode ser definida como situação provável em que o ambiente sofre interferência com possíveis alterações ou transformações do meio físico” (Oliveira e Fehr, 2019, p. 2429).

Para Santiago (2019), vulnerabilidade pode ser analisada a partir de uma mudança climática em que pode alterar ou destruir um sistema, com isso depende de dois fatores: da sensibilidade do próprio sistema ou sua capacidade de resistência e adaptação às novas condições atuantes. “A vulnerabilidade está sempre conexas à maior ou menor fragilidade de um determinado ambiente” (Santiago, 2019, p. 48).

“De fato, a vulnerabilidade ambiental pode ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas” (Leite, Berezú e Silva, 2022, p. 2615). Para os autores, ao estudar a vulnerabilidade ambiental, é possível avaliar a fragilidade do ecossistema ambiental diante das pressões antrópicas.

Para exemplificar essa situação de vulnerabilidade no interior da área urbana de Manaus, os corpos d’água que formam as microbacias, representam essa situação de ruptura em que a grande quantidade de energia e matéria que é despejada de forma errada deixa o ecossistema hidrográfico em permanente estado de vulnerabilidade levando à perda total da sustentabilidade ambiental do local com consequências socioambiental.

Várias são as situações em que as microbacias urbanas são impactadas ficando em estado de vulnerabilidades severas por medidas incorretas que geralmente maximiza os custos e minimiza os benefícios, podendo causar prejuízos ambientais e sociais recorrentes. São medidas que só alteram e dificultam a hidrodinâmica dos cursos d’água e que são presentes não só em Manaus, mas, em todo o país.

Um componente físico de vulnerabilidade no relevo são as áreas de encosta, para Teixeira (2010),

O processo pode ser natural ou induzido pela interferência humana no meio físico, o qual pode acelerar e ampliar tais processos de instabilização das encostas. Possuem um papel importante na evolução do relevo e têm sua ocorrência nas vertentes (Teixeira, 2010, p. 92).

Quando o autor se refere às áreas de encostas, essa é um componente físico do relevo de intenso dinamismo com situação de instabilidade pelo efeito de inclinação e gravidade que por si só é vulnerável aos movimentos de massa que está diretamente condicionada ao tipo de vegetação, solo, clima e infiltração.

Guerra (2009) ressalta que devido sua presença constante no relevo, as encostas têm grande importância nos estudos, porque devido sua ocupação sem planejamento, torna-se área de constante vulnerabilidade com riscos iminentes de perdas econômicas e catástrofes para os seres humanos (Figura 16). As fotos em evidência foram registradas em 2015 quando de um trabalho de campo no monitoramento de uma voçoroca em área de encosta na Zona Norte de Manaus, no Conjunto Nova Cidade, denominado de Cemitério Indígena, devido no local ser encontrado urnas funerárias e fragmentos de artefatos cerâmicos. A área estava embargada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), desde 2001, por ser considerada um sítio arqueológico.

O estágio final do processo erosivo acontece com a formação da voçoroca que é representada por uma cratera com a remoção do solo para as partes mais baixas até muitas vezes atingir o curso d'água. Nesse sentido Guerra (2009) explica:

Caso a ação da água, que se escoar de forma concentrada nas ravinas, continuar o seu trabalho de aprofundamento lateral e vertical, pode acabar formando uma voçoroca [...] A combinação dos processos de erosão em lençol, ravina e voçoroca, além de rebaixar a superfície do terreno, provoca a redução do teor de matéria orgânica e de elementos minerais [...] (Guerra, 2009, p. 203-204).

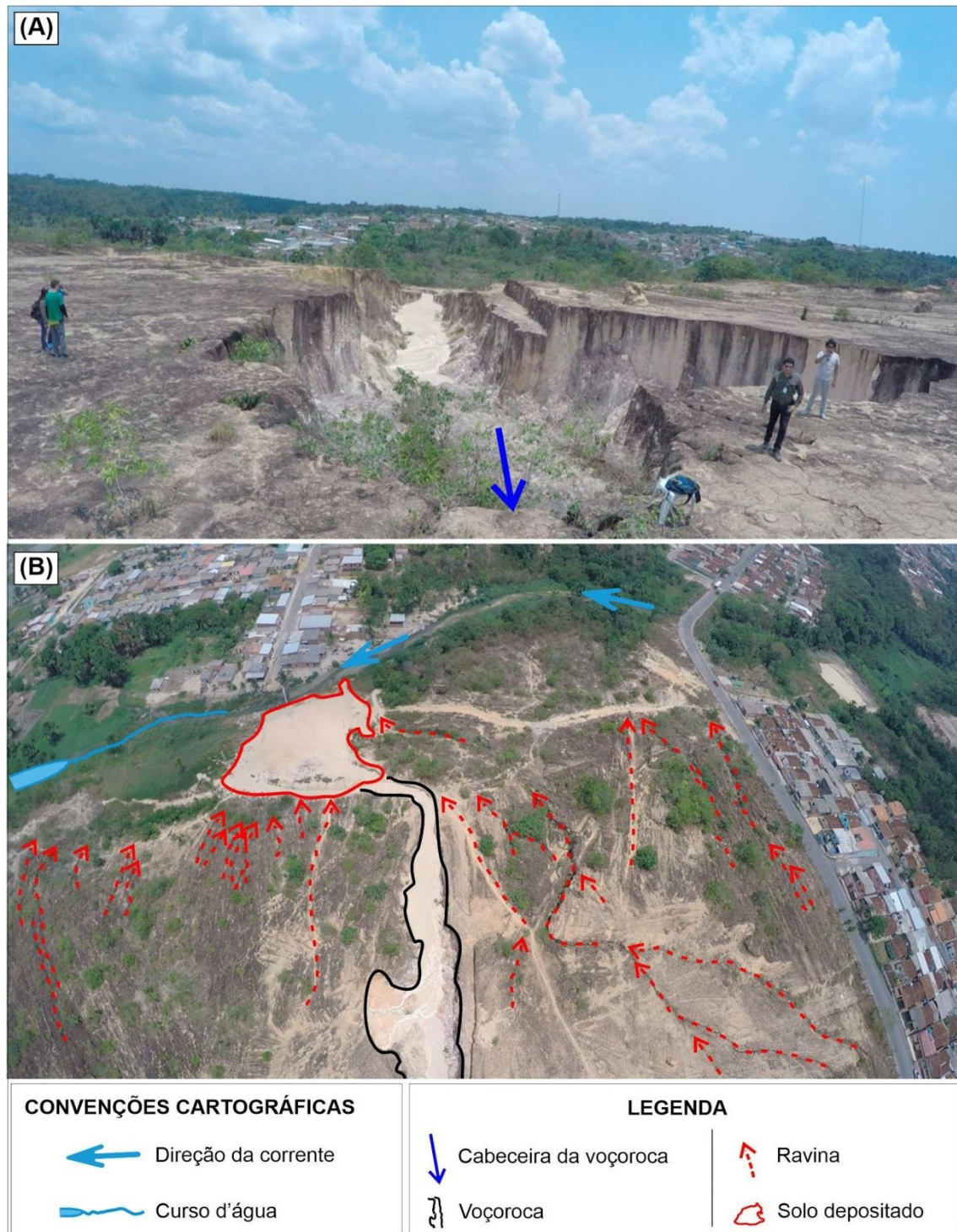
A encosta exposta há mais de 14 anos (época da foto 2015) sem vegetação deixou o solo em vulnerabilidade aos agentes exógenos, clima, erosão e movimento de massa. Em Manaus, as chuvas são de curta duração, porém intensas, o que leva à rápida saturação, principalmente, por formação de crosta e a água superficial formam enxurradas erosionando o solo.

Guerra (2009) descreve esse episódio da seguinte forma:

A água que escoar na superfície a partir da saturação do solo e/ou da formação de crosta [...] a princípio é difuso, podendo dar origem, em especial em áreas agrícolas. A erosão em lençol (*sheet erosion*) ou laminar. O escoamento difuso pode evoluir para ravina. Para chegar a esse estágio, o fluxo de água

passa a ser linear (*flowline*) e depois evolui para microrravinas (*microrills*) e depois para microrravinas com cabeceira (*headcuts*) (Guerra, 2009, p. 201).

Figura 16- Voçoroca no topo da área de encosta no Conjunto Nova Cidade na Zona Norte de Manaus. (A) Visão a partir da cabeceira da voçoroca no topo convexo da encosta, (B) visão aérea mostrando os processos erosivos.



Fonte: Roselito Carmelo (2015) registrado por uma ARP *Phantom I* de asa rotativa.

A foto (A) mostra a área de encosta a partir do topo com vegetação rala (praticamente toda removida), classificada na sua forma como convexa com a visão inicial da cabeceira da voçoroca com paredes íngremes em 90° com queda em bloco para o interior do fundo chato e arenoso.

Numa visão mais ampla, a foto (B) mostra a encosta com solo nu em toda área com poucos fragmentos de vegetação e formação de crosta. A voçoroca se estende no sentido O/L com inúmeras ravinas seguindo a mesma direção. Na parte superior da foto, observa-se o acúmulo de solo levado pela enxurrada depositado na planície de inundação, a ausência de vegetação ciliar deixa o canal do igarapé em vulnerabilidade de ser assoreado.

As ações antrópicas sobre as formas de relevo tanto em áreas urbanas ou rurais não têm sido adequadas e com cenário de degradação severa ou vulnerabilidades e muito diferente do estado natural, nesse sentido, comenta Guerra (2009):

A intervenção humana sobre o relevo terrestre, quer seja em áreas urbanas ou rurais, demanda a ocupação e a transformação da superfície do terreno. Dependendo do tamanho dessa intervenção, das práticas conservacionistas utilizadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais associados poderão causar grandes prejuízos ao meio físico e aos seres humanos (Guerra, 2009, p.191).

Segundo Christofolletti (1980), em se tratando de uma bacia hidrográfica em que seus componentes físicos estão integrados, as mudanças se processam de forma sinérgica e, em caso de impactos ambientais negativos, as partes ou o todo podem ficar em estado de vulnerabilidade.

Seguindo a situação relacionada com o fator integração e que as alterações podem caminhar para a vulnerabilidade, Cunha e Guerra (2000) afirmam que,

[...] bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas) (Cunha e Guerra, 2000, p. 353).

De acordo com Santiago (2019), é preciso entender que cada parte de uma determinada área espacial apropriada pela sociedade pós-moderna existe determinado nível de vulnerabilidade ambiental. É “Importante destacar que o mapeamento das unidades de paisagens, sob a perspectiva da vulnerabilidade ambiental, torna-se um

importante material para gestão/ordenamento territorial” (Costa, Souza e Silva, 2021, p. 459).

Costa, Souza e Silva (2021), analisando a ecodinâmica, explicam que o dinamismo das partes físicas da natureza está orientado pela ação de energia e matéria da Teoria dos Sistemas, porém o equilíbrio que ocorre nas partes é constantemente modificado pelas ações antrópicas que poderá ter reflexos de vulnerabilidades temporárias ou permanentes.

Conforme sugere Tricart (1997, p. 35), “A ótica dinâmica deve ser o ponto de partida da avaliação, devendo guiar a classificação dos meios [...]”. Para o autor, existem três formas de classificar esse dinamismo no meio natural: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis. Pode-se dizer que os meios intergrades são quando os meios físicos caminham para a vulnerabilidade e meios fortemente instáveis, é quando existe um quadro de vulnerabilidade mais severa.

Nesse sentido, quando analisado o cenário da microbacia do Mariano, pela margem esquerda a partir do médio curso e que já se encontra com densidade mais efetiva no baixo curso, o modo de uso e ocupação da terra que vem se consolidando sobre as formas geomorfológicas do relevo já deixa em vulnerabilidade as áreas.

São formas de apropriações que seguem o mesmo modelo de outros setores geográficos urbano da cidade, com supressão da vegetação das áreas de encostas e da vegetação ciliar, com descartes de resíduos líquidos e sólidos provenientes das residências direto nos cursos d’água.

A supressão da vegetação é um componente de importância que deve ser levado em conta, no entanto se houver um planejamento adequado no uso da terra a degradação pode até ser nula (Guerra e Cunha, 2000).

Nesse campo da abordagem com análise sobre as mudanças ocorridas ocasionadas pela ação antrópica e que deixam em estado de vulnerabilidades,

Certas alterações resultantes das formas de uso e ocupação podem depreciar a qualidade do ambiente com a perda dos atributos essenciais do solo e da fauna e flora da região, destaque para a destruição da mata ciliar, mudanças de cunho hidrológico e biológico da bacia hidrográfica, além de gerar sérios conflitos pelo uso da água [...] (Santiago, 2019, p. 18).

De acordo com que explica Botelho (2011), são investimentos altos para pouca eficiência na dimensão de médio e longo prazo. Entre as intervenções sobre os cursos

d'água principalmente urbanos, as mais comuns são a canalização e retificação dos canais.

No sítio urbano de Manaus, essa situação acontece nas várias Zonas Geográficas sejam sobre as formas de ocupação por favelas (nos bairros de invasões) ou em locais planejados com investimentos e técnicas de engenharias, como exemplo, na Zona Centro-Oeste, no Conjunto Santos Dumont e no bairro da Compensa Zona Oeste (Figura 17).

Figura 17 – (A) e (B) Retificação da calha do curso d'água por obra de engenharia no afluente do igarapé dos Franceses no Conjunto Santos Dumont (Zona Centro-Oeste) em anos diferentes. (C) Obra do Estado sobre a calha do igarapé do Franco (Zona Oeste) e (D) valor da construção da obra.



Fonte: Roselito Carmelo, (A) 01/06/2008, (B) 24/02/2023, (C) e (D) 18/06/2010.

As fotos (A) e (B) mostram o igarapé registrado em um mesmo ângulo, mas em anos diferentes. A foto (C) mostra a calha com o fundo e as margens todas revestida de

concreto não permitindo nenhum contato do fluxo de água com o solo e, ao mesmo tempo, não permite que a água que infiltra nas laterais onde ocorre vegetação possa fluir para o leito deixando as áreas adjacentes em vulnerabilidade de alagação.

Depois de 15 anos, o registro na foto (B) mostra o igarapé sendo degradado pelo efeito das intempéries climáticas (sol e chuva), onde o processo de dilatação e contração pela elevação e diminuição da temperatura vem destruindo a estrutura artificial.

É possível observar que, no fundo da calha de concreto, entulham-se sedimentos vindos de montante, pelo material que vai sendo removido (erosionado) da parede lateral. Sobre o material depositado no fundo, observa-se o processo de estabelecimento de espécies vegetais e o acúmulo de resíduos descartados pela população que usufrui da área de lazer próximo à margem do igarapé.

Nesse intervalo de tempo entre as fotos (A) e (B), todo esse processo ocorreu em campo aberto sem vegetação de médio e/ou grande porte, associada à água, destruindo a estrutura artificial por infiltração nas laterais e, conseqüentemente, com queda da parede para o interior do canal e pelo processo de sedimentação no fundo da calha, comprometendo o tempo de vida útil da obra como um todo.

Essa forma de intervenção seja em canais de primeira ordem de menor fluxo de escoamento d'água ou de segunda ordem com fluxo superior, como observado nas fotos, é ineficiente e efêmera, evidenciando que ocorreu gasto de recurso público em uma obra de engenharia que não deveria ser artificializada.

Teria sido muito mais eficiente se tivessem deixado a vegetação ciliar, pois mesmo que ainda fosse antropizada, iria encontrar seu ponto de equilíbrio no ecossistema hidrográfico. Para Botelho e Silva (2014, p. 188), “A manutenção do equilíbrio ambiental se reverterá numa qualidade ambiental satisfatória, o que, por sua vez contribuirá inquestionavelmente para a melhoria da qualidade de vida das sociedades”.

Segundo Euclides *et al.* (2022), uma forma eficiente de reabilitação em curso d'água é a revegetação das margens, que tem função de proteger e manter a estabilidade do leito, mitigar o impacto e manter o equilíbrio de energia/força aplicada pelo fluxo.

Devido ao processo de transformação total em um trecho do canal do igarapé do Franco, a foto (C) mostra apenas uma estrutura metálica sobre uma área construída de concreto, no entanto o curso d'água flui por debaixo. Sem benefício nenhum ao curso d'água, o governo do estado construiu essa estrutura em cima do igarapé denominado de

“Totem metálico” composto de uma minúscula praça a um custo elevado de mais de 5,5 milhões de reais.

A foto (D) mostra a placa de identificação da obra e seu custo aos cofres públicos, denunciado pelo valor superfaturado e, que segundo o site de notícias G1, quatro anos depois, essa estrutura dedicada à Ponte sobre o rio Negro, encontrava-se abandonada.

O Monumento dedicado à Ponte sobre o Rio Negro, no bairro da Compensa, Zona Oeste de Manaus, está com estrutura precária. O totem metálico apresenta deterioração e a área da praça sobre o Igarapé do Franco tem acúmulo de lixo por toda a sua extensão. A obra orçada em 5,54 milhões foi inaugurada em 2010 (G1 Globo.com, 2016).

“Atividades humanas desenvolvidas em um trecho do rio podem alterar, de diferentes formas e escalas de intensidades, a dinâmica desse equilíbrio” (Cunha, 2009, p. 222). A autora se refere às obras de engenharia (intervenções) sobre os canais dos rios que, nesse caso, deixa em situação de vulnerabilidade a dinâmica do curso d’água.

Uma situação a se levar em conta quanto aos processos de intervenções na rede hidrográfica é que não se deve revestir o fundo do canal para não dificultar as relações com o lençol d’água, visto que, ao longo da história, ficou claro que não há necessidade de concretar o fundo dos canais (Cunha, 2009). Assim corrobora Costa (2021) ao afirmar que por tempo se retifica canais revestindo as calhas ocasionando graves impactos ambientais devido ao aumento da velocidade de escoamento e aumento dos processos erosivos nas margens, causando elevados custos ao município sem resultados positivos.

Retificar um canal fluvial é desagregar todo o processo de resiliência baseado no equilíbrio do rio (erosão, transporte e sedimentação), envolve mudanças físicas e biológicas. Canalizar significa colocar uma superfície dura impermeável de concreto modificando as características hidráulicas e hidrológicas do leito do rio (Costa, 2021, p. 157).

Nessa perspectiva, descreve Botelho (2011, p. 93) que, “os procedimentos de canalização, retificação, dragagem, etc. acabam acelerando a velocidade das águas de escoamento e aumentam o risco de enchente”. De acordo com a autora, a pavimentação dos canais e as construções, de forma geral, comprometem a infiltração e impedem o abastecimento dos lençóis freáticos.

A natureza por si só se autorregula mediante as transformações naturais dentro de uma temporalidade geológica (mais lenta) criando as condições de dinamismo, equilíbrio e, mantendo o estado de resiliência. Com a expansão das cidades sobre as áreas naturais, esses três conjuntos contidos nos ecossistemas, têm sido rompidos pelas ações antropogênicas na temporalidade biológica (mais rápida) e têm levado as bacias hidrográficas com suas redes de drenagens à degradação ou a nível elevando de vulnerabilidades.

Os cenários mostrados anteriormente da cidade de Manaus são indicativos de degradação nas microbacias após várias intervenções sem sucesso devido à falta de planejamento, gestão e integração multidisciplinar de profissionais. Desperdícios e desvios de dinheiro público em obras que mais degradam o ecossistema fluvial, deixam os ambientes em um cenário de vulnerabilidade ambiental e social.

2.3.2 Potencialidades em sistema ambiental de bacia hidrográfica

A diversidade de paisagens que formam os diferentes ecossistemas compõe um mosaico de associações e interdependências. São riquezas naturais que podem se converter em desenvolvimento seja em uma região ou no país como um todo, desde que, sejam exploradas obedecendo a seu nível de potencialidade.

Segundo Ab'Sáber (2021),

[...] entre os padrões para o reconhecimento do nível de desenvolvimento de um país devam figurar a capacidade do seu povo em termos de preservação de recursos, o nível de exigência e o respeito ao *zoneamento* de atividades, assim como a própria busca de modelos para uma valorização e renovação corretas dos recursos naturais (Ab'Sáber, 2021, p. 10).

A bacia hidrográfica, no seu estado natural, é formada por um mosaico de riqueza paisagística e se encontra em equilíbrio, mantendo o estado de resiliência em todos os componentes que formam o sistema. Em um determinado espaço com baixa resiliência, é possível que quase sempre ocorra degradação (Santiago, 2019).

Nesse sentido, Ab'Sáber (2021) comenta que devido sua dimensão espacial, o Brasil tem uma coleção de riqueza natural sobre o seu território, daí a importância de se incentivar a pesquisa sobre as potencialidades paisagísticas com a possibilidade de entender e caracterizar o espaço natural e quando o homem imprimir modificações não ser um elemento perturbador dessas áreas paisagísticas.

Os conjuntos de atributos naturais constantes no sistema como vegetação, APP, nascentes, solos, planície de inundação e rede hidrográfica formam em seu estado natural as potencialidades existentes na bacia hidrográfica.

A potencialidade da APP está na sua funcionalidade ambiental de equilibrar o dinamismo da água na superfície durante sua trajetória do escoamento e infiltração no solo. Botelho (2011, p. 99) explica que a APP propicia “[...] a diminuição do escoamento superficial e o aumento da infiltração da água, contribuindo no equilíbrio hidrológico da bacia e na qualidade ambiental [...]”.

A supressão da vegetação inevitavelmente cede lugar à paisagem artificial criada pelo homem é um componente de importância que deve ser levado em conta, se houver um planejamento adequado no uso do solo a degradação pode até ser nula (Guerra e Cunha, 2000; Guerra e Cunha, 2003; Guerra e Cunha, 2010).

A vegetação ciliar é o componente importante que tem o papel no sistema fluvial como elemento de proteção do relevo contra os processos erosivos, impede o movimento de massa, evitando o assoreamento da calha. É um agente de potencialidade ambiental, mantendo a preservação das margens dos corpos hídricos.

As matas ciliares têm papel fundamental no funcionamento hidrológico das bacias e no equilíbrio ambiental. Elas permitem a infiltração da água no solo, fixam as margens dos rios, protegendo contra o desbarrancamento, abrigam fauna terrestre e aquática específica, através da disponibilidade de nutrientes e sombreamento sobre as águas, e servem ainda, como grandes filtros, retendo sedimentos [...] (Botelho, 2011, p. 100).

Outro ente importante é a planície de inundação que corresponde à área posterior ao leito do curso d’água e que comporta parte da vegetação ciliar, apresenta relevo de morfologia plana e recebe a água de extravasamento é uma área potencial que resguarda a qualidade ambiental entre o ecossistema aquático e terrestre.

Conforme a ANA (2014, p.28), por meio da Portaria nº 149, de 26 de março de 2015, define que “Planície de inundação - conjunto de terras planas próximas ao fundo do vale de um curso d’água, inundadas quando o escoamento desse curso exceda a capacidade normal do canal”.

O SGB/CPRM (2019, p. 27) denomina a referida área como Planície Aluvionar sendo “Locais de relevo plano, com declividades abaixo de 5° e amplitude máxima de 10 metros, [...] sempre nas margens dos cursos d’água”.

A planície de inundação pertence a ambientes naturais úmidos, Felipe, Gomes e Magalhães Júnior (2022, p. 94) conforme evidenciam em seus trabalhos, “As áreas úmidas (AUs) são sistemas hidrogeomorfológicos que envolvem tipologias e dimensões variadas e podem ocorrer em diversos contextos físicos”. São ambientes dependentes de inundações rasas com solos hidromórficos e vegetação hidrófila em cenário temporário ou permanentemente encharcado.

Conforme enfatizam os autores, as áreas úmidas são poucas estudadas no contexto geral no Brasil a partir da ótica da gestão ambiental e estão presentes nos pântanos, nas planícies de inundações, brejos, nascentes, entre outros (Felipe, Gomes e Magalhães Júnior, 2022).

São áreas com indicadores potenciais de proteção dos cursos d’água abrigando a vegetação ciliar fazendo parte do cenário das áreas úmidas, Felipe, Gomes e Magalhães Júnior (2022, p. 97) caracterizam a planície de inundação como sendo “áreas deposicionais nas margens de curso d’água e que são periodicamente inundadas”.

De forma geral, segundo Felipe, Gomes e Magalhães Júnior (2022, p. 98) “[...] as AUs estão associadas a zonas encharcadas ou inundadas, áreas de nascentes difusas, áreas de conexão com corpos d’água e zonas de confluência de drenagens, zonas litorâneas ou de afloramento do nível freático”.

Outra situação para manter determinadas áreas potenciais como um fundo de reserva ambiental quando da intervenção em uma microbacia e para que o solo não fique totalmente descoberto entre os possíveis vazios de ocupação e uso da terra é importante criar as áreas verdes estruturadas com base na legislação ambiental.

Conforme o que determina o Novo Código Florestal,

área verde urbana: espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais (Brasil, 2012, Art. 3º, inciso XX).

Essas áreas além de importante prestadora de serviço ambiental, por meio da coleção de espécies vegetais e animais, podem se tornar fontes de pesquisa e laboratórios naturais de Educação Ambiental dentro do sistema fluvial.

Para Botelho (2011), a importância das áreas verdes é muito ampla como na proteção e abrigo da diversidade de espécies, manutenção regular da drenagem pluvial,

controle microclimático, sequestro de carbono, retenção de partículas emitidas por veículos, beleza cênica que valoriza residências próximas, importante para a prática da Educação Ambiental e potencialidade turística.

O Código Ambiental do Município de Manaus define áreas verdes da seguinte forma:

XVII. áreas verdes: são espaços definidos pelo Poder Público Municipal, com base no memorial descritivo dos projetos de parcelamento do solo urbano, constituídos por florestas ou demais formas de vegetação primária, secundária ou plantada, de natureza jurídica inalienável e destinados à manutenção da qualidade ambiental (Manaus, 2001).

Conforme assinala Tricart (1997) em sua classificação no contexto dos meios estáveis, a vegetação é um mecanismo de proteção e de relativa estabilidade, importante, principalmente, sobre uma vertente mesmo sendo íngreme.

Nesse contexto, os meios estáveis estão em conformidade com a dinâmica natural e em equilíbrio como a proteção da vegetação sobre o solo sejam em áreas de vertentes, na área de proteção ciliar ou sobre a planície de inundação, sendo nesse caso, as potencialidades existentes do lugar.

Assim, Tricart (1997, p. 36) analisa o sentido e a importância da vegetação nos meios estáveis que implica direto nas potencialidades “Somente as plantas, no conjunto, possuem efeito estabilizador pela função de anteparo aos fluxos de radiação e às gotas da chuva, e pelo efeito frenador sobre o vento”.

As potencialidades estão estabelecidas na forma de relação entre os entes que compõem determinado ecossistema e sua resistência frente às perturbações sem perder sua funcionalidade e conexão com as outras partes.

Para o Glossário de Termos Técnicos Ambientais Rodoviários, potencialidade ambiental:

É entendida pela condição que tem os fatores ambientais da área de influência de realizar sua auto-capacitação quanto à adaptabilidade, reorganização e superação de seus atributos em relação a evolução natural do quadro ambiental, constituindo-se um atributo do território de suma importância na elaboração do planejamento ambiental, [...]. Nos estudos ambientais este atributo é ponderado em associação com a vulnerabilidade ambiental na elaboração dos cenários futuros [...] (Brasil, 2006, p. 81).

Na descrição do glossário, a potencialidade ambiental é tida como uma parte espacial com real condição de automanutenção frente aos processos de mudanças desde que seja mantida por meio do planejamento ambiental. Explica que:

Na auto-adaptação são mantidas as relações ambientais anteriormente realizadas em intensidade e qualidade, na auto-organização são proporcionadas ao sistema ecológico pôr eles conformados uma estrutura diversa para responder ao novo quadro ambiental, sem a perda de sua funcionalidade primitiva e na auto-superação se proporciona ao sistema ecológico ordem e complexidade diversa da primitiva, nas quais são apreendidas novas formas de transação de energia e matéria, isto é, novos comportamentos e funcionalidades em um novo estágio de estabilidade ou equilíbrio ambiental (Brasil, 2006, p. 81-82).

Nesse sentido, ainda que ocorram mudanças no estado natural, a potencialidade ambiental deve ser mantida cumprindo o seu papel dentro da funcionalidade do ecossistema.

No ecossistema hidrográfico, a vegetação desempenha o papel de proteção do solo contra os impactos advindos da chuva e suas raízes ajudam a manter a coesão da terra frente à força da enxurrada que pode desenvolver processos erosivos com carreamento dos substratos para o interior do canal e este poderá ser assoreado.

Muito importante e tem que levar em conta no estudo da potencialidade ambiental é a morfografia do relevo. Segundo Florenzano (2008), é a forma de como o relevo se apresenta, por exemplo, podendo ser plano, fundo de vale, em forma de morro ou colinoso. Esses padrões de forma do relevo são variáveis com perfil de equilíbrio e quando ocupados precisam de atenção especiais.

Para Bigarella (2003) e Guerra (2009), um padrão de forma do relevo mais importante e que compõe a maior parte das paisagens são as vertentes. Segundo os autores, elas fornecem água para os corpos hídricos que irão formar as bacias hidrográficas.

As vertentes, segundo explica Christofolleti (1980, p. 26) corroborando com Bigarella, “[...] abrangem todos os elementos componentes da superfície terrestre, sendo formada pela ampla variedade de condições internas e externas”. É a partir também desse padrão de forma do relevo que brota água e formam as nascentes.

Conforme Barros, Magalhães Júnior e Lopes (2022):

O nível freático tende a acompanhar o modelado topográfico, estando mais profundo nas zonas de topo (zonas preferenciais de recarga) e mais superficial nos fundos dos vales (zonas preferenciais de exfiltração da água subsuperficial). [...] Entre as zonas de exfiltração, destacam-se as *nascentes*, sistemas ambientais em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, [...] em que a exfiltração dá origem a um curso d’água (Barros, Magalhães Júnior e Lopes, 2022, p. 40).

Conforme o tipo de nascente, essa precisa de cuidados especiais, visto que suas potencialidades têm ligação direta com o uso e ocupação da terra (Cunha, Espíndola e Brigante, 2007). Essa situação argumentada pelos autores diz respeito à situação topográfica onde nascente aflora em rochedos no topo ou na base dos vales no sopé da área de encosta ou vertente.

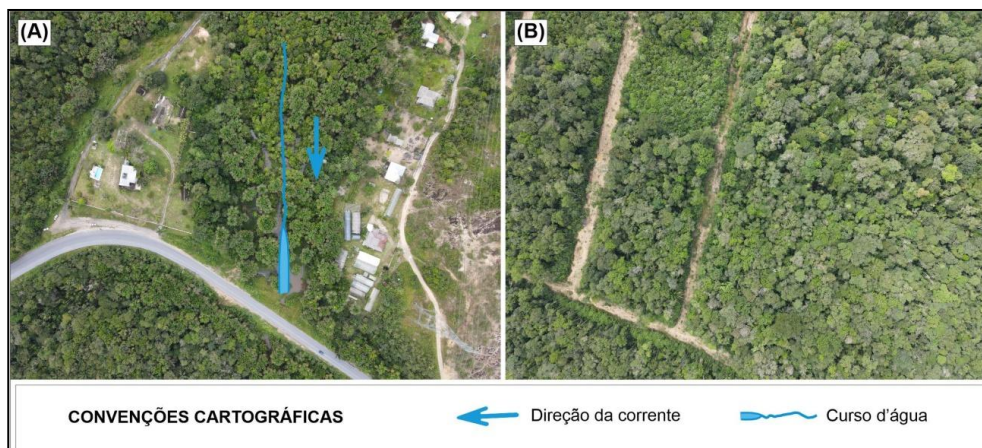
Este tipo de nascente de fundo de vale é característico de alguns igarapés de Manaus como as principais nascentes do igarapé do Mindu localizadas na Zona Norte no Bairro Cidade de Deus, no interior do Parque Municipal das Nascentes do Mindu. Segundo Silva, Viana e Lins Neto (2019) são nascentes em fluxo contínuo, porque se encontram no sopé da encosta e sendo denominada de nascente de encosta.

É preciso entender toda a dinâmica natural para uma melhor compreensão da ação antrópica que se processa quanto ao uso e ocupação da terra, com isso se permite visualizar as limitações e ter um conhecimento das potencialidades (Santiago, 2019).

Em relação às áreas de APP que margeiam determinado manancial e contornam as áreas de nascentes, a sua potencialidade está na manutenção natural das espécies vegetais por estar numa relação direta com a proteção da água, porque nas nascentes é garantia de abastecimento da fonte, se a vegetação for suprimida, possivelmente, a fonte de abastecimento secará e por consequência a rede de drenagem entrará em colapso.

No alto curso do igarapé do Mariano, a área de cabeceira de drenagem de surgência da água está localizada nas proximidades da rodovia estadual AM-010 (Manaus-Itacoatiara) que tem maior fluxo de pessoas e facilita o acesso para o interior por meio de inúmeros ramais abertos (Figura 18).

Figura 18 – Alto curso do igarapé do Mariano, (A) parte da rodovia AM-010 com residências próximas e (B) área mais a montante da rodovia com ramais e predominância da floresta natural na área de cabeceira.



Fotos: Roselito Carmelo, 09/05/2022 com a colaboração de ARAÚJO, C. S., (A) Coordenada Geográfica: 2°54'31.16" S e 59°58'29.39" O, (B) Coordenada Geográfica: 2°54'27.74" S e 59°57'44.70" O.

O local a princípio pode ser visto em situação de vulnerabilidade, no entanto, devido ao predomínio da floresta primária, caso ocorra uma ocupação planejada e mitigação dos impactos já presentes, é possível manter as potencialidades da área.

A foto (A) mostra um trecho da rodovia AM-010 na altura do km 24, onde podem ser vistas residências na parte esquerda e direita. Entre ambas, é possível observar o curso do igarapé do Mariano entre a vegetação ciliar que já se encontra “imprensada” pela ocupação que de certa forma já avançou descumprindo a Legislação Ambiental.

Segundo o que determina no Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que se deve deixar 50 metros de Área de Preservação Permanente (APP) em zona rural ou urbana, para cursos d’água de 10 a 50 metros de largura (Brasil, 2012, Art. 4º, inciso I, alínea b).

Na foto (B) local mais a montante da foto (A), é possível observar alguns ramais que se interligam, apesar dessas inserções em que permite o acesso no interior da cabeceira, é dominante a cobertura florestal primária, o que permite um plano de gestão para o uso e ocupação do lugar. Se houver fiscalização eficiente e para que seja cumprida a legislação ambiental, as potencialidades de cada ente natural como a floresta cumprirá sua função.

A potencialidade da floresta não está representada só pela proteção ao solo, com sua diversificada coleção de espécies biogenética, é um potencial banco de informações para a ciência ou simplesmente como fonte de valor e atração ao ecoturismo com sua beleza cênica.

O Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina (Santa Catarina, 2022) que tem como objetividade implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos, identifica algumas potencialidades que podem estar contidas em uma bacia hidrográfica como agricultura familiar, ecoturismo, turismo fluvial e turismo rural.

Lima, Silva Filho e Araújo (2016) utilizam os termos potência ecológica, potência biotecnológica e potência biótica para ressaltar as variedades de espécies, envolvimento tecnológico para aproveitamento das riquezas de espécies na elaboração de produtos quando existe a preservação dos habitats e ecossistemas principalmente, mediante a pressão antrópica.

Os autores assim definem os termos:

Potência ecológica: Amplitude dentro da qual uma população pode suportar os fatores ambientais.

Potencial biotecnológico: poder de desenvolvimento tecnológico com o aproveitamento da diversidade de espécies, inclusive substâncias ou produtos.

Potencial biótico: capacidade de uma população em aumentar o seu número ou biomassa, quando as condições são ideais (Lima, Silva Filho e Araújo, 2016, p. 144).

É importante ressaltar essas potencialidades identificadas pelos autores porque são componentes integrantes dos sistemas fluviais e que, numa intervenção antrópica sem um estudo prévio, podem até mesmo se perder espécies raras do reino animal ou vegetal presente em sistema aquático ou terrestre.

Cabe lembrar que, segundo Becker e Stenner (2008), ao abordar a temática tecnologia e inovação na formação da Amazônia, explicam que, na abordagem do imenso potencial natural hoje, representado pela floresta com valor agregado à biodiversidade e a água é um novo poder de desenvolvimento abundante na região.

É, segundo os autores, “Biodiversidade que é a base da fronteira da ciência com a biotecnologia e a biologia molecular; água que se torna rapidamente um recurso escasso no planeta” (Becker e Stenner, 2008, p. 28). Assim, esses atributos citados pelos autores e em trabalhos individuais realizados por Becker que já sinalizava em suas obras de 1999 e 2000 é o grande trunfo para o desenvolvimento dentro de uma ótica da sustentabilidade.

Essas potencialidades já estavam retratadas pela autora em Becker (2006) onde para a Amazônia em se tratando de desenvolvimento eficiência está na,

[...] grande alternativa para o desenvolvimento regional mediante a utilização sustentável da biodiversidade. [...] é hora da ciência e da tecnologia nacionais tornarem-se um ator-chave na Amazônia [...] concebendo um processo de desenvolvimento que melhore as condições de vida da sua população utilizando, sem destruir, a riqueza do patrimônio natural (Becker, 2006, p.159-164).

Nesse sentido, é importante salientar que é da natureza que o homem retira todos os suprimentos para sua sobrevivência, mas também é importante dizer que é preciso fazer uso de todos os recursos de forma parcimoniosa sem que se esgotem as fontes e/ou se degrade ao ponto de romper o equilíbrio e dinamismo de cada parte do ecossistema.

Pois, segundo Ab’Sáber (2021, p. 23), “É certamente este mosaico de domínios paisagísticos e ecológicos [...] que constitui nosso ‘universo’ paisagístico em termo de

potencialidade global”. Então, é preciso preservar e conservar escutando a ciência e adotando as pesquisas por ela produzida para um planejamento eficiente.

Em termos de diversidade de paisagens, o Brasil tem essa riqueza, mas caminha para um segmento de pobreza pautado na lógica da insustentabilidade quando visto no tratamento que tem dado na exploração dos recursos naturais.

Conforme os pensamentos de Ab’Sáber (2021), não é possível comentar em potencialidades paisagísticas sem pensar no grande impasse dos tempos modernos do economismo por vezes de ações criminosas e do ecologismo de pensamento ingênuo que por vezes pode prejudicar as causas ambientais.

Neste caso, o ecologismo muitas vezes defende a inviolabilidade dos recursos naturais, já o economismo transforma o bem natural chegando à degradação, ou ao seu esgotamento com ações em diferentes níveis conforme o poder financeiro e tecnológico.

Comenta o autor que o pesquisador não pode ser ingênuo na interpretação e compreensão das transformações que ocorrem sobre as paisagens, ao ponto de ser utópico ao supor que as potencialidades dos recursos naturais de um determinado lugar possam ser analisadas sobre o mesmo prisma de uma sociedade e um consumo igualitário (Ab’Sáber, 2021).

Certamente, a sociedade pós-moderna vive num estágio regido pela tecnologia de ponta (*high tech*), convivendo com as mais recentes inovações tecnológicas, no entanto, apesar dos esforços de muitos pesquisadores e estudiosos em determinados assuntos como a questão da bacia hidrográfica e a qualidade da água aqui tratada, ainda não foi possível aliar verdadeiramente ciência e tecnologia para alavancar novos paradigmas permanente e totalmente sustentáveis.

Apesar de possuir vasta legislação ambiental, mesmo assim, o Brasil se contrapõe quando analisado sob a ótica da sustentabilidade ambiental. Enfrenta sérios problemas, principalmente, quando visto no cenário urbano com a degradação dos cursos d’água que se apresentam como grave situação socioambiental.

E de maneira geral, o conjunto de leis ambientais que o país detém ainda não foi capaz de impulsionar de forma efetiva e eficaz envolvendo esferas no âmbito científico, econômico e político, para criar ações conjuntas e concretas que visem à recuperação da qualidade da água que se encontra deteriorada de forma mais severa nos aglomerados urbanos.

Numa visão ampla, Euclides *et al.* (2022) comentam que, nos países da América do Sul, não se tem legislação ambiental que possa efetivamente obrigar a

implementação de projetos para recuperar os sistemas hídricos dentro de um contexto geral. Nesse caso, deveria ocorrer o envolvimento não só da recuperação vegetal e da beleza estética, mas também o tratamento da qualidade da água pelo menos o mais próximo do natural.

Os projetos de recuperação de corpos d'água existentes no âmbito brasileiro são de iniciativa governamental e local com suporte financeiro do próprio governo, da esfera privada ou de agências internacionais com objetivo conceitual de reabilitação (Euclides *et al.*, 2022). São ações que já foram realizadas, mas sem efetivamente tratar da recuperação da qualidade da água.

Nesse sentido, tem-se como exemplo na cidade de Manaus o Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (Prosamim), que, de acordo com Amazonas (2023), surgiu em 2003 com diálogos entre o poder público e as comunidades a serem beneficiadas com as ações que se efetivaram a partir de 2006 e encerradas em 2021.

A ação do programa se desenvolveu em três etapas, a primeira e a segunda entre 2006 e 2009 com intervenções na bacia dos Educandos (igarapé Quarenta, áreas parciais dos igarapés Manaus, Bittencourt e Mestre Chico), estendeu-se à bacia do São Raimundo (igarapé Cajual e Parque São Raimundo) e a terceira ocorreu a partir de 2012 com a extensão socioambiental (solucionar problemas ambientais, urbanísticos e sociais) na bacia do igarapé do São Raimundo em áreas habitadas abaixo da cota de 30 m (Amazonas, 2023a).

Foram executadas várias obras de intervenções como de mobilidade urbana (vias asfaltadas paralelas às margens dos igarapés), sistema de drenagem e esgotamento sanitário, desassoreamento, requalificação ambientais e urbanísticas das margens dos corpos d'água, parques residenciais e parques urbanos (Amazonas, 2023a).

Os serviços de intervenções do programa que foram executados compreenderam, de forma geral, a retiradas de residências (muitas palafitas estavam sobre os canais), retificações de canais, concretagem do fundo da calha, paredes laterais gramadas, pavimentação de vias laterais nas duas margens, construção de unidade habitacional e parques lineares com áreas de lazer. Percebe-se a ausência relacionada às melhorias da qualidade ecológica com destaque sobre a água que continua sem qualidade ambiental.

As obras de intervenções ocorreram de forma localizada em áreas das bacias contemplando principalmente trechos dos cursos d'água densamente povoado em que responderam ao problema social, prevalecendo o lado estético dos locais.

Se as intervenções fossem realizadas para restaurar a qualidade da água, o programa não deveria ter sido pontual, mas ter incluído a bacia em sua totalidade (da nascente a foz). Em premissa, para se ter a qualidade da água, a ação se faria agindo em pontos antropizados obedecendo à sequência de ordenamento da rede de drenagem que é formada por inúmeros canais hierarquicamente conectados recebendo água das nascentes, dos subafluentes e afluentes até desaguar no curso principal da bacia seguindo a único ponto a foz (exutório).

Nesse sentido, ter-se-iam resultados mais eficientes sobre a situação crítica em que se encontram os cursos d'água urbanos na cidade de Manaus. Onde ocorreu ação do Prosamim, pelo olfato se sente a produção do gás sulfídrico (H₂S) em decorrência da decomposição de matéria orgânica proveniente dos esgotos e descarte inadequados nos igarapés gerando odores indesejáveis à população, indicando que a água está poluída e contaminada.

Essa situação é contraditória nos locais onde ocorreram as intervenções do programa, pois, segundo o que consta no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Prosamim, um dos objetivos era melhorar a qualidade ambiental dos igarapés, principalmente a qualidade da água (Amazonas, 2004).

Uma ação mais abrangente de reabilitação de curso d'água que envolve não só a parte estética, mas também o aspecto físico (vegetação, solo e água) corresponde ao Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte – Drenurbs, que foi executado pela Prefeitura de Belo Horizonte - MG durante a década de 2000.

Especificamente, o Drenurbs foi executado entre os anos de 2006 a 2008, em que, segundo Macedo (2009), e passível de avaliação três fundos de vale (córregos Baleares, Primeiro de Maio e Nossa Senhora da Piedade) com a implantação de parques lineares, sendo que “as intervenções buscaram aumentar a qualidade de vida da população por meio da redução dos riscos de inundação, da recuperação da qualidade das águas urbanas e da garantia da sustentabilidade das intervenções” (Euclides *et al.*, 2022, p. 216).

Um dado positivo do programa Drenurbs está na manutenção e monitoração, principalmente, da qualidade da água, o biomonitoramento, que é o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar as mudanças no ambiente e de macro invertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade hídrica, recomposição de corredeiras, rugosidade ao talvegue e proteção das áreas de cabeceiras (Macedo, 2009; Euclides *et al.*, 2022).

Como percebido nos programas citados, a recuperação dos cursos d'água não permite a utilização direta da água, mas a valorização e proteção como um todo principalmente do Programa Drenurbs em Belo Horizonte que inclui não só a parte estética, mas ecológica com monitoramento, vazão e morfologia próxima do natural, com a máxima preservação da vegetação nas margens, e o mínimo possível de concreto e asfalto quando comparado ao programa Prosamim na cidade de Manaus.

Enfim, com atenção ao município de Manaus, é preciso desenvolver formas de ocupações do uso da terra sobre as microbacias hidrográficas seja na área urbana ou rural, com aplicação de técnicas adequadas apoiadas no uso das geotecnologias, cumprindo a legislação ambiental já que no Brasil somos bem assistidos nessa parte.

Manaus e o Estado do Amazonas como um todo apresentam rica diversidade de paisagens com destaque aos ecossistemas hidrográficos como as microbacias presentes no sítio urbano. Detém amplas leis ambientais e, diante das ações antrópicas, ainda não foi possível preservar as potencialidades da natureza sem divagar para as vulnerabilidades.

CAPÍTULO 3 – A MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO: USO E OCUPAÇÃO

Na atual fase de crescimento, a cidade de Manaus projeta seu vetor de expansão seguindo dois grandes eixos rodoviários, um de integração interestadual/internacional (BR-174) e outro de conexão municipal (AM-010). Amplia seu sítio urbano para uma grande área poligonal, além do quadrante da atual Zona Norte, no segmento setentrional para o interior da floresta Amazônica e se afastando do grande complexo fluvial rio Negro/Solimões/Amazonas, ponto inicial do seu marco histórico de ocupação.

No segmento dessa expansão, está a Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano (MHIM), que se estende de LNE/OSO e tem grande parte de sua área da margem esquerda consolidada no interior do sítio urbano pertencendo aos bairros Lago Azul e Tarumã-Açu. São áreas espaciais pertencente ao médio e baixo curso da microbacia. Apresenta forte pressão da expansão sobre o alto curso que tem como acesso principal projetado sobre essa área a rodovia a AM-010 (Manaus – Itacoatiara).

Com base na abordagem sistêmica, ecodinâmica e morfodinâmica (Tricart, 1977) que compreende a análise natural e antrópica sobre o uso e ocupação da terra, o estudo permite entender a relação socioambiental dessa área hidrográfica, visto que se expressam diferentes interesses nos múltiplos usos na microbacia. Para o Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus (PDUAMM) de 2014, impõem-se restrições sobre essa área da microbacia com uso sem degradação.

O aspecto natural está relacionado à ecodinâmica entre as variáveis: vegetação, solo, relevo e rede de drenagem. No aspecto social, o foco é a produção espacial a partir da associação antrópica e morfodinâmica que expressam diferentes interesses e contradições entre os atores sociais.

De acordo com a compreensão de Alves, Freitas e Santos (2020), é preciso entender que o homem atua como agente transformador do espaço, modificando os elementos da natureza visando desenvolvimento, conforto e sobrevivência. No entanto, é preciso que essas transformações que levam aos múltiplos usos sejam apoiadas em boas gestões sem que levem a degradação.

Nesse contexto da abordagem, é importante entender a dinâmica de ocupação na atualidade e tentar vislumbrar uma projeção com base na pesquisa, no planejamento, na preservação e conservação dos recursos existentes na MHIM, pois, por um lado, a questão ambiental é antes de tudo uma questão social e, por outro, a partir da legislação

ambiental, a bacia hidrográfica, devido sua grande importância, é uma unidade territorial de planejamento e gestão.

3.1 USO DA TERRA

3.1.1 Ocupação e múltiplo uso da terra

É imperativo analisar como se processa o uso da terra para entender de forma quantitativa e qualitativa como determinada área territorial com diversos compartimentos da paisagem vai se consolidando ao longo do tempo transformada por forças antagônicas.

De acordo com o projeto Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 – 2018, as “informações sobre a dinâmica no uso da terra representam um importante instrumento de planejamento ambiental e formulação de políticas ambientais coerentes e eficientes” (IBGE, 2020a, p. 6), possibilita fornecer dados fidedignos para orientações em tomadas de decisões para diferentes ações que sinaliza um estudo voltado ao desenvolvimento sustentável.

Com a aplicação do geoprocessamento na pesquisa do uso do solo, pode-se propor diretrizes na utilização sustentável em unidade territorial como as bacias hidrográficas (Sousa, Falcão e Costa, 2017). “Seja qual for o tipo de uso e ocupação em bacias, o seu funcionamento tende a ser alterado. A intensidade é que vai influir se eles são intervenções negativas ao meio ambiente ou se são toleráveis” (Santiago, 2019, p. 39).

Devido à pressão pelas formas de uso e ocupação no ecossistema hidrográfico, entre os componentes vegetação e água, esse último recurso natural geralmente é o mais afetado pela ação antrópica, chegando a níveis capazes de romper o seu estado de resiliência, de acordo com Teubner Junior e Barroso (2018):

Os rios, lagos, áreas úmidas e estuários estão sob constante pressão oriunda de fontes de poluição decorrentes dos usos da terra, alterações morfológicas na paisagem e perda de conectividade entre os diferentes sistemas aquáticos da bacia hidrográfica (Teubner Junior e Barroso, 2018, p.116).

Os usos da terra pelas atividades humanas sem planejamento têm alterado consideravelmente os fluxos biogeoquímicos dos ecossistemas hidrográficos. Por isso, é imprescindível conhecer a dinâmica da ocupação com base nas características sociais

que se apropriam dos recursos naturais por meio dos múltiplos usos e entender como essas relações se estabelecem intrinsecamente.

Qualquer mudança significativa pode alterar o ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica e se for sem planejamento pode causar impactos negativos irreversíveis. Da Silva *et al.* (2022, p. 138) afirmam que “As mudanças no uso da terra estão entre os fatores mais relevantes por trás das alterações no comportamento hidrológico da bacia”.

No Novo Código Florestal de 2012, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, artigo 3º, inciso VI, entende-se que o uso do solo é uma apropriação que se processa de forma secundária e uma alternativa para o homem prover suas necessidades, sendo assim, descreve:

[...] uso alternativo do solo: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana (Brasil, 2012).

“As mudanças na cobertura e uso da terra podem causar impactos nos fluxos de serviços ambientais, que são os benefícios que o ser humano obtém, direta ou indiretamente, dos ecossistemas” (IBGE, 2020a, p. 8). No PDUAMM de 2014, o artigo 23 expressa que,

A estratégia de uso e ocupação do solo urbano tem como objetivo geral ordenar e regulamentar o uso e a ocupação do solo para garantir a qualidade de vida da população, incluindo a reconfiguração da paisagem urbana e a valorização das paisagens não urbanas (Manaus, 2014c, p. 5).

É importante uma avaliação temporal para entender as alterações quanto ao uso da terra e avaliar a inter-relação, pois fornece subsídios para o ordenamento territorial com vista à sustentabilidade das ações humanas (Teubner Junior e Barroso, 2018). Nesse sentido, devido à forma de uso e ocupação da terra no cenário urbano de Manaus, as microbacias – partes abundantes e sem a devida qualidade que deveriam ter – foram ocupadas e continuam nesse processo de apropriação sem planejamento e sem amparo da legislação ambiental, de modo que se tornaram e continuam sendo ambientes deletérios.

3.2 AÇÃO DO PODER PÚBLICO

3.2.1 Área de transição e zona de expansão urbana

O poder público municipal, objetivando almejar um planejamento com base na gestão ambiental, compartimentalizou a área urbana da capital Manaus em várias macroáreas. Entre essas, a área de transição, na qual, em termos físicos, apresenta em seu uso e ocupação a característica homogênea com baixa densidade demográfica, reduzido impacto ambiental e com foco nas atividades turísticas.

No contexto desta divisão, a MHIM encontra-se em duas dessas faixas de transição, localizada acima da grande área da Zona Norte e da Reserva Florestal Adolpho Ducke. O PDUAMM de 2014 define essa área espacial como sendo:

Art. 57. Área de Transição é a faixa do território municipal que contorna os limites da Área Urbana, incluindo a Reserva Florestal Adolpho Ducke, podendo abrigar atividades agrícolas, usos e atividades urbanas de baixa densidade, onde são incentivadas atividades ecoturísticas (Manaus, 2014c, p. 9).

O referido plano diretor ressalta em seu parágrafo único de forma a destacar atenção especial ao recurso hídrico que “Quaisquer atividades desenvolvidas na Área de Transição deverão atender à legislação ambiental, visando à proteção dos recursos naturais, especialmente os recursos hídricos” (Manaus, 2014c, p. 9).

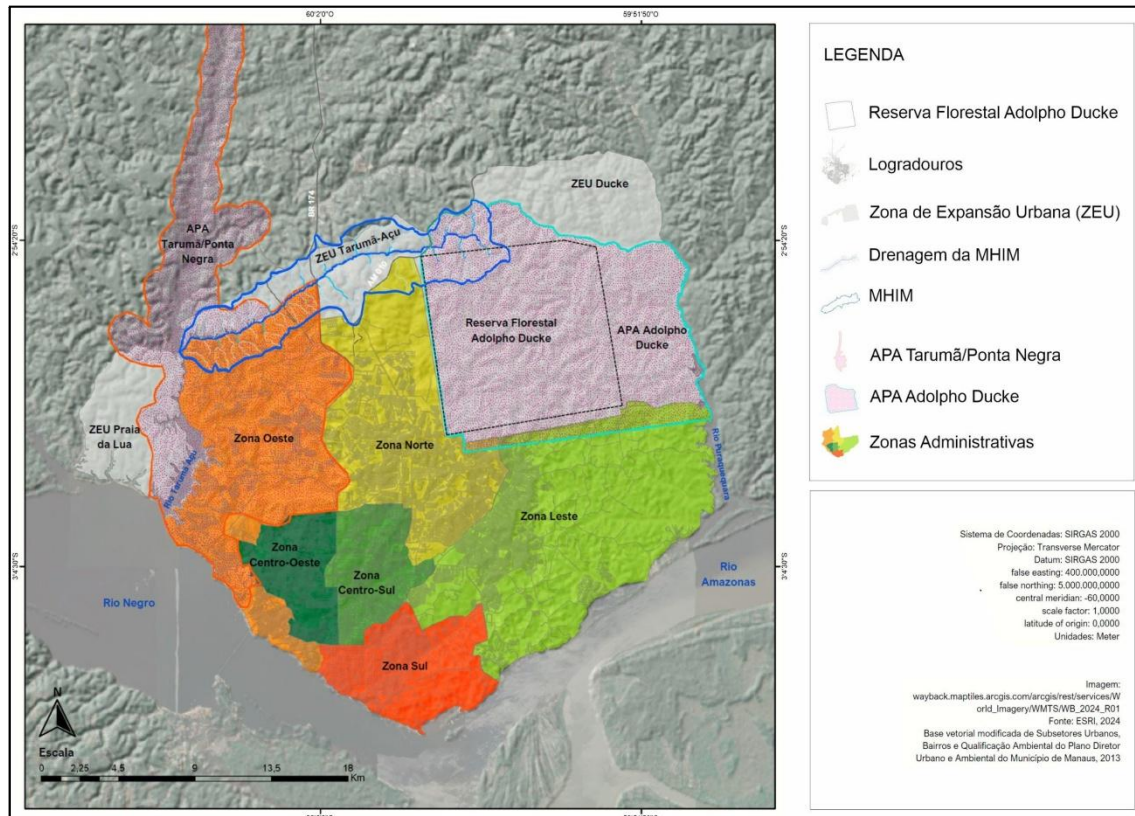
O plano diretor adotou o modelo espacial de divisão da área de transição que ficou dividida e identificada como Zona de Transição (ZT), onde a microbacia do Mariano está inserida apenas na ZT Tarumã-Açu, conforme o Art. 63, alínea b:

ZT Tarumã-Açu: compreende área contribuinte da bacia do igarapé Mariano, inserida em parte na APA Tarumã/Ponta Negra, com presença significativa de fragmentos florestais e influência da proximidade das rodovias BR-174 e AM-010, de estímulo à baixa densificação, relacionada à proteção dos recursos naturais e de integração de atividades agrícolas e industriais de baixo impacto ambiental ao uso residencial (Manaus, 2014c, p. 10).

O mapa da zona de expansão urbana e zona urbana de Manaus do PDUAMM mostra as seis zonas geográficas e as ZTs são identificadas como três Zonas de Expansão Urbana (ZEU): ZEU Praia da Lua na parte ocidental, ZEU Tarumã-Açu na parte setentrional e ZEU Ducke na parte setentrional e oriental.

Nessa divisão, o limite da área da microbacia do Mariano se encontra com o alto curso na ZEU Duce e ZEU Tarumã-Açu, o médio curso e toda extensão do baixo curso estão na ZEU Tarumã-Açu. A maior área da cabeceira com as principais nascentes formadoras da rede hidrográfica está na ZEU Duce e menor área dentro da Reserva Adolpho Duce (Figura 19).

Figura 19 – Mapa de Manaus com as Zonas Geográficas, as ZEUs, as APAs e a localização da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Modificado do Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus (2014c).

3.2.2 APA Adolpho Duce e APA Tarumã/Ponta Negra

A MHIM está inserida em dois vetores ambientais de especial atenção, de acordo com o PDUAMM (2014), são unidades de conservação correspondentes às definições do Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC). Conforme a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o SNUC, unidade de conservação é um espaço territorial devidamente definido sob regime especial de administração criado pelo poder público objetivando a conservação e garantias adequadas de proteção dos recursos ambientais (Brasil, 2000).

A Área de Proteção Ambiental (APA) é parte integrante das unidades de usos sustentáveis que se destinam a proteger a diversidade biológica disciplinando o processo de ocupação baseada na sustentabilidade dos recursos naturais. As unidades de conservação são essenciais na prestação de serviços ecossistêmicos, porque visa à qualidade de vida e o desenvolvimento humano (Moreira, 2019).

Para a Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS), a APA é espacialmente extensa e apresenta certo grau de ocupação humana, rica em atributos bióticos, abióticos e de beleza cênica voltada a qualidade de vida humana, com intuito a proteção da diversidade biológica e com enfoque no disciplinamento do uso e ocupação para assegurar a sustentabilidade do local (SEMMAS, 2022).

Por meio do Decreto municipal nº 1.502, de 27 de março de 2012, foi criada a Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke, visando assegurar a preservação ambiental fundado no bem de uso comum, na qualidade da vida, no bem-estar da população e na melhoria das condições ecológica local (Manaus, 2012).

Essa APA recobre toda a reserva Adolpho Ducke, seguida por uma faixa na porção leste até aos limites do curso do rio Puraquequara, cobre a parte nordeste e norte acima da reserva até alcançar os limites da AM-010. Forma um grande vetor de proteção na borda da zona urbana da capital com área total de 18,2 mil ha.

Grande parte do alto curso do Mariano encontra-se na APA Adolpho Ducke, em que toda a cabeceira com suas cinco nascentes principais estão inclusas nesse espaço de proteção ambiental. No decreto de criação, está prescrito no artigo 2º, a objetividade dessa grande parcela territorial, para ela Manaus (2012):

A Área de Proteção Ambiental de que trata este Decreto tem por objetivo básico disciplinar o processo de ocupação humana, evitando o parcelamento de solo irregular e clandestino, manter a diversidade biológica, proteger os atributos abióticos, bióticos, estéticos e culturais, assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, visando a favorecer a melhoria da qualidade de vida e o bem-estar da população humana (Manaus, 2012).

É uma área ambiental formada por parcela territorial composta de terras privadas e públicas em que os proprietários devem ter o compromisso de zelar pela qualidade ambiental acima de qualquer interesse que possa degradar os componentes que formam todo o ecossistema. Torna-se um desafio a ser vencido, tendo em vista que a ocupação e uso da terra é um processo que já ocorre na microbacia.

A areia foi um dos recursos explorados na década de 1990 e na década de 2000, em sua maioria sem critérios ambientais durante sua extração ocasionando vários impactos ambientais negativos, com minas abandonadas sem que fosse realizado um plano de recuperação das áreas que foram degradadas, a fim de estar condizente com os propósitos da APA. Riker *et al.* (2016) chamam atenção que a areia explorada na região de Manaus é empregada na indústria da construção civil e que sua exploração ocorre em grande parte de forma clandestina.

Conforme Cardoso (2008), os areais na bacia do Tarumã foram explorados de forma predatória até o final de 1980 quando ocorreu a criação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente que passou a interditar para suprimir as degradações ambientais, porém foi uma interrupção parcial e as áreas permaneceram com significativos impactos ambientais. O autor constatou que as minas de exploração de areia ativas se encontram no médio e no alto curso do Tarumã-Açu, já no baixo curso, onde se encontra a microbacia do Mariano, as minas estão inativas e abandonadas.

Silva (2016) observou que, no início da década de 2000, existiam algumas minas de exploração de areia na microbacia do Mariano com acesso pela BR-174 na altura do km 6 e no baixo curso nas proximidades do Condomínio Vivenda do Pontal, e eram exploradas de forma clandestina.

Acompanhando a calha principal do rio Tarumã-Açu desde o alto até o baixo curso, projeta-se latitudinalmente de Norte a Sul a APA Tarumã/Ponta Negra, criada por meio do Decreto 9.556, de 22 de abril de 2008, com área total de 22,7 mil ha, que adentra na parte urbana de Manaus recobrando vasta área da Zona Oeste, estendendo-se em direção ao baixo curso com cobertura de proteção total até ao exutório do rio Tarumã-Açu. No interior da microbacia do Mariano, a APA recobre uma parte da margem esquerda a partir da BR-174 e todo baixo curso.

É de grande relevância a sua criação e, principalmente, a sua funcionalidade para a proteção dos recursos naturais, a beleza cênica presente e a ordenação do uso e ocupação da terra. Entre os fatores físicos naturais em destaque nas áreas do alto e médio curso do rio Tarumã-Açu, apesar da existência de inúmeros ramais, ainda prevalece a presença da Floresta Natural Equatorial.

Conforme evidencia Costa (2020), a bacia do Tarumã-Açu apresenta fragmentação devido à expansão urbana desordenada em prol das atividades turísticas, extrativistas, mineração e agropecuária e o baixo curso da margem esquerda se

consolida em área urbana, é necessário controle e planejamento especialmente na APA Tarumã/Ponta Negra.

Seguindo o baixo curso, a APA amplia sua área de cobertura para Leste, projetando-se nos limites administrativos da Zona Oeste com alcance poligonal ao antigo balneário da Bolívia nos limites da Avenida Torquato Tapajós, nas proximidades da barreira de fiscalização estadual. A área espacial de proteção ambiental da parte inferior que compõe a foz encontra-se em plena zona urbana da capital, recobre o curso médio e baixo da Bacia Hidrográfica do Tarumã (BHT), estende-se até aos limites do arco da Praia da Ponta Negra às margens do Rio Negro.

Nessa pequena BHT, há dois pontos de destaques que, no passado, foram áreas de lazer para a população manauara nos finais de semana: a Cachoeira do Tarumã e a Cachoeira Alta, que outrora ostentava uma beleza cênica com sua queda d'água natural, porém atualmente encontram-se degradadas servindo como escoadouro de resíduos sólidos e líquidos devido à falta de planejamento quanto ao uso e ocupação da terra.

Segundo Melo (2020), o balneário que mais deixou saudades foi o da Cachoeira alta e baixa do Tarumã localizado na Zona Norte de Manaus, caracterizado por uma queda d'água sobre a estrutura de rocha. Segundo o autor, o balneário resistiu até meados da década de 1980 e pelo efeito da ocupação desordenada, as suas águas estão poluídas, com forte odor e nada lembra o cenário paradisíaco de antes.

Essa grande área da APA no baixo curso (Zona Oeste) forma, em termos habitacionais, um espaço geográfico complexo e contraditório dividido entre quatro bairros: Ponta Negra, Lírio do Vale, Tarumã e Tarumã-Açu. Esses três últimos bairros formam parcelas de ocupação de favelas com presença de conjuntos habitacionais de baixo padrão e condomínios que se isolam no espaço geográfico.

O bairro da Ponta Negra constitui-se em área nobre ocupada por uma pequena parcela populacional de elevado poder aquisitivo, que usufrui de melhores condições não só de infraestrutura com ruas bem traçadas, largas, pavimentadas e arborizadas, mas também de condomínios de luxo de casas e torres residenciais em destaque que se alinham nas proximidades da margem da praia da Ponta Negra com vista privilegiada para o Rio Negro (Figura 20).

Apesar da criação de uma unidade de conservação como a APA Tarumã/Ponta Negra, esta não consegue inibir os conflitos que são constantes, principalmente, as invasões. Segundo Costa (2020), isso acontece, porque não existe um plano de manejo para a área.

Figura 20 – Conjunto de edifícios de condomínio residenciais alinhados de frente para o Rio Negro no Bairro da Ponta Negra.



Fonte: Roselito Carmelo (2022).

Em 2019, a prefeitura de Manaus descobriu uma invasão na área da APA Tarumã/Ponta Negra e, com apoio do policiamento ambiental e da Companhia Interativa Comunitária, o grupo de invasores foi retirado do local deixando impactada a Área de Proteção Ambiental Permanente (APP), nas margens do curso d'água (Amazonas Atual, 2022).

Conforme o IBGE (2013), em unidades de conservação voltadas ao uso sustentável, como as APAs, permite-se exploração para o aproveitamento econômico, no entanto, devem ser executadas com base no planejamento devidamente regulamentado.

Assim, o objetivo das APAs representa um esforço do poder público na tentativa de garantir benefícios socioambientais com a conservação dos bens naturais e melhorias da qualidade de vida, porém é necessário mais que criar áreas de proteção, convergir esforços entre medidas de prevenção, fiscalização, planejamento, educação ambiental e, principalmente, no cumprimento no que determina a legislação ambiental.

Neste sentido, é necessário e importante atenção especial para a microbacia do Mariano para que seja estabelecido plano de gestão para o melhor uso e ocupação da terra não só pela importância em si da sua conservação, mas por fazer parte de uma área de transição entre a cidade e a área rural.

A esse respeito Costa (2020) comenta que,

[...] a elaboração de planos consistentes é fundamental para a gestão efetiva das águas, especialmente no caso de bacias urbanas e periurbanas, como a Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, onde o uso múltiplo e desordenado da terra e das águas pode levar ao estado de degradação irreversível da paisagem natural da bacia, comprometendo sua sustentabilidade e a prestação dos serviços ambientais à população (Costa, 2020, p. 20).

Além disso, pode se tornar área de estudo, um laboratório natural pelas instituições de pesquisa pela facilidade de acesso via terrestre ao seu interior, proximidade com a área urbana e por fazer parte do sistema fluvial da bacia do Tarumã-Açu, com área maior que o sítio urbano de Manaus rico em recurso natural e beleza cênica propícia ao lazer e turismo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DA MHIM

3.3.1 Contexto físico natural

A microbacia do Mariano está situada sobre a formação geológica Alter do Chão. É a mesma estrutura do sítio urbano de Manaus com sedimentos de coloração vermelha variada correspondente aos arenitos argilosos, argilito, quartzo-grauvacas e quartzo-arenitos (Santos, 2001). Conforme Silva (2016), essa formação Alter do Chão se desenvolveu em área continental em ambiente fluvial e lacustre formando em intercalação entre siltitos, arenitos e conglomerados.

Modelando as formas do relevo da formação Alter do Chão, aparecem, na microbacia, pacotes de areia não consolidados com espessuras em torno de 4 metros, que são maciças, de cor branca, de granulometria que vai de fina, média a grossa com a presença esporádica de seixos (Barros *et al.*, 2003; Silva, 2016).

Essa recorrência torna-se comum devido à areia ser um mineral abundante no Amazonas. Riker (2010) descreve que a areia presente no município de Manaus é composta essencialmente por grãos de quartzo, encontrada em depósitos espodossolos oriunda dos arenitos da Formação Alter do Chão.

Em muitos trechos da microbacia, esse substrato natural já foi potencialmente explorado sem que fossem realizadas medidas mitigadoras para amenizar os impactos

negativos. Conforme explica SGB/CPRM (2019), os areais apresentam-se com materiais não consolidados formado por espodossolos ou neossolos quatzarênicos e, na zona urbana, como no bairro Lago Azul, terrenos de antigos areais são ocupados por populares de baixo poder aquisitivo, transformando esses locais em áreas vulneráveis com o aparecimento de processos erosivos (ravinas e voçorocas).

A areia é de grande importância e muito utilizada na construção civil e, por ser um recurso mineral de uso imediato, não é necessário passar por processo industrial na composição da argamassa. A extração é rápida e quanto mais próxima do consumidor melhor, pois o que mais encarece em todo o processo de exploração é o transporte.

Nesse sentido, a localização da microbacia do Mariano na zona de transição da área rural para área urbana favoreceu essa exploração, principalmente, por ser cortada pelas rodovias AM-10 no alto/médio curso e a BR-174 no médio curso, servindo de escoadouro para abastecer o mercado do ramo de construção civil em Manaus.

Algumas dessas minas foram exploradas próximas às margens do igarapé sem norma técnica, ausência de fiscalização ou exploração clandestina e comprometeram as características geomorfológicas da planície de inundação. Essa área representa um espaço de vulnerabilidade frente aos processos erosivos.

A planície de inundação é constituída por solos hidromórficos e vegetação hidrófilas, comporta a vegetação ciliar protegendo as margens dos corpos d'água, caso ocorra ação antrópica como a retirada da vegetação pode ocorrer erosão, deposição e assoreamento do rio (Felippe, Gomes e Magalhães Júnior, 2022). Segundo os autores, esse ambiente natural atua efetivamente no controle de inundação, principalmente, no médio e baixo curso fluvial.

Segundo Botelho e Silva (2014), a ausência da vegetação ciliar faz com que os sedimentos carregados sejam depositados nas áreas da planície de inundação, ocasiona o assoreamento, aumenta o risco de enchente devido a diminuição da seção transversal do canal fluvial.

Os padrões de formas do relevo presentes na área caracterizam-se como colinoso com amplitudes variadas entre 20 m e 60 m e declividades baixas, interflúvios com topos arredondados e vertentes convexas e base côncava. A forma topográfica do relevo segue as sinuosidades das colinas suaves separando os igarapés que apresentam barrancas (área de APP) a mais de sete metros, constituídos de pequenos vales formadores da planície de inundação.

São estruturas igualmente da área urbana da capital incorporadas a um baixo planalto, segundo Ab'Sáber (2004), esse planalto se coloca entre 20 a 30 m do nível médio do Rio Negro, porém apresenta declive brusco em direção as praias arenosas, deixando os igarapés todo ano à mercê da flutuação das águas do grande caudal de águas escuras.

Ross (2009) fala que é um ambiente no qual a ação das águas pluviais é intensa e o releve de topos arredondados ou convexizados apresenta rede hidrográfica rica de muitos canais. Essas estruturas quando são desmatadas expostas por tempo tornam-se suscetíveis aos processos erosivos.

Os processos erosivos são associados às intempéries climáticas e, em clima equatorial quente úmido como o que predomina sobre a microbacia do Mariano com chuvas intensivas com curta estação menos chuvosa, é comum a “[...] erosão **pluvial**, resultante da ação da água da chuva [...]” (Florenzano, 2008, p. 20). As chuvas na Amazônia geralmente são rápidas, caem em forma de aguaceiros torrenciais e pode ocasionar severa erosão no solo (Sioli, 1985).

A região recebe intensa entrada de energia solar e ao mesmo tempo grande umidade, baixa amplitude térmica anual, temperaturas elevadas e chuvas concentradas e rápidas (Ab'Sáber, 2021). Dessa forma, a água precipitada escoar na superfície abastecendo os canais fluviais, infiltrando no solo para formar os lençóis freáticos e que vai também abastecer gradativamente os rios (IBGE, 2021c).

Da grande quantidade de chuva que cai “[...] com índices de pluviosidades maiores que 2.300 mm por ano” (Costa, 2020, p. 22), parte é interceptada pela floresta de terra firme Equatorial Latifoliada, caracterizada por ser heterogênea rica em espécies vegetais.

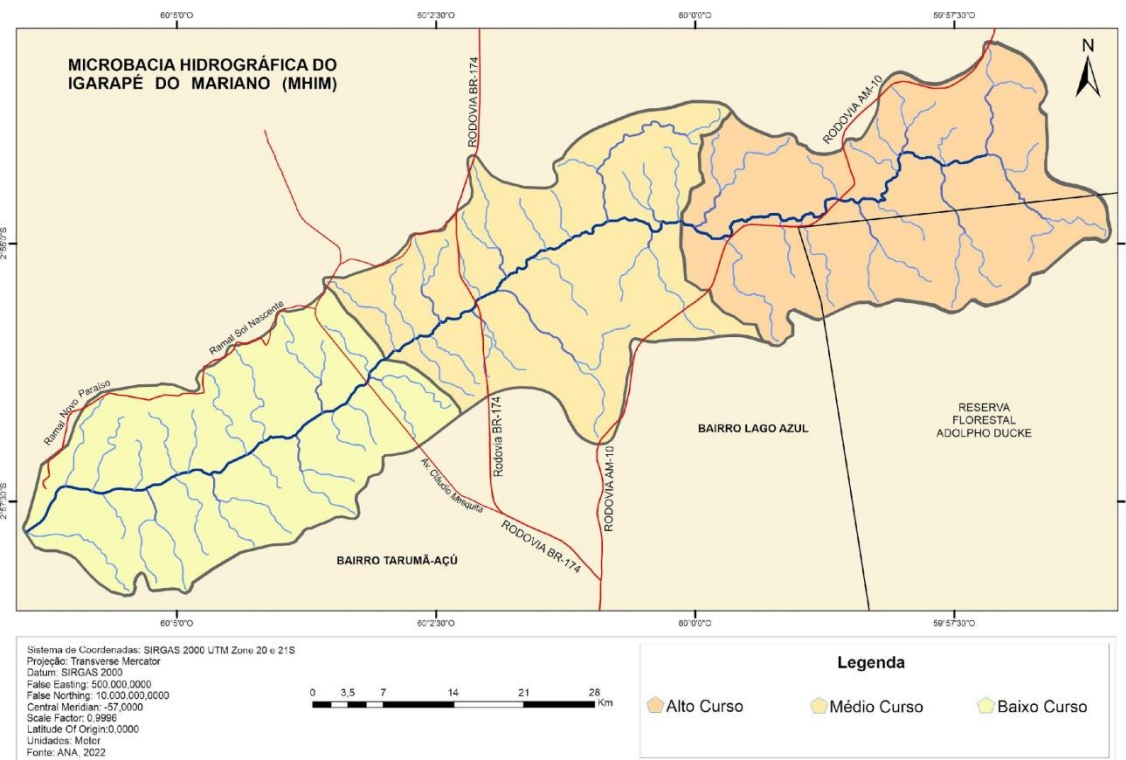
A floresta densa Equatorial Latifoliada Heterogênea, verde durante o ano todo com folhas largas, grandes e diferentes extratos recobre do alto ao baixo curso, área da microbacia, integrada às formações de campinarana que aparecem sobre os depósitos arenosos, junto às formações de capoeira e os buritizais das áreas encharcadas das planícies de inundação.

Desta forma, a riqueza natural do sistema hidrográfico compõe a todo um mosaico que vai da floresta a água de forma integrada e dinâmica, abastece o lençol freático e alimenta os mananciais formadores dos afluentes e subafluentes que integram o rico sistema hídrico, característico da região amazônica.

3.3.2 Alto curso e área da cabeceira

Visando melhor descrição e compreensão dos processos de transformações e das coletas de dados tanto quantitativos como qualitativos da área espacial estudada, tendo em princípio a hidrografia, a topografia do terreno e o perfil longitudinal, a MHIM, foi compartimentada cartograficamente em alto, médio e baixo curso. Tem sobre sua área hidrográfica três principais vias de acesso que se projetam sobre cada compartimentação: a AM-010 sobre o alto curso, a BR-174 sobre o médio curso e a Avenida Cláudio Mesquita sobre o baixo curso (Figura 21).

Figura 21 – Mapa da rede hidrográfica da Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano com as divisões do curso e as principais vias de acesso.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

A rodovia estadual AM-010, seguindo sentido Manaus/Itacoatiara, projeta-se no interior da microbacia quase totalmente paralela ao curso de forma intermitente em três segmentos. Inicialmente, projeta-se pela margem esquerda do curso por apenas 0,77 km, depois de cruzar a borda do sistema hidrográfico em um segmento sinuoso percorre por 4,81 km até cruzar o igarapé na altura do km 26, projeta-se pela margem esquerda sobre a área de encosta por mais 0,87 km até alcançar a borda num segmento total de

5,58 km. Retorna para o interior por mais 2 km seguindo a borda da microbacia entre o km 28 e km 30.

O espaço da cabeceira de drenagem de primeira ordem com vertentes modeladas por topos convexos é composto por floresta primária ombrófila e fragmentos secundários. É possível constatar cinco nascentes formadoras do igarapé do Mariano, três estão na ZEU Ducke e duas na área da reserva florestal Adolpho Ducke, entre estas, a que está localizada na porção sudeste se estendendo de L/O é a nascente principal da rede hidrográfica.

Toda essa área com vários afluentes e inúmeros ramais de chão batido e outros com cobertura asfáltica total ou parcial se interconectam, formando um espaço poligonal com uso e ocupação diversificado no interior do alto curso da microbacia do Mariano com influência e acesso direto pela Rodovia AM-010 (Manaus-Itacoatiara).

A área que forma a cabeceira de drenagem da MHIM, ainda que seja predominante de floresta, pode ser considerada uma das partes mais frágeis do sistema fluvial e suscetível aos processos erosivos. É importante a conservação da floresta, principalmente, das vertentes para proteger o solo da erosão e manter constantemente o abastecimento de água ao manancial.

Se a vegetação não for mantida nas áreas de fragilidade como as APPs, o sistema poderá entrar em colapso, pois abriga as nascentes, fonte primária (curso de primeira ordem) que abastece inicialmente a rede hidrográfica. O sistema forma um conjunto de partes que estão relacionados entre si elementos, estados e relações entre estados e elementos (Stevaux e Latrubesse, 2017).

O uso e ocupação presente são de casas esparsas entre a floresta ombrófila e focos de vegetação secundária, granjas, sítios, balneários, praça de lavra de exploração de areia abandonadas sem recuperação com solo exposto a processos erosivos (ravinas e voçorocas), outras mais antigas que se encontram em processo de regeneração natural, loteamento, subestação de energia elétrica, usina fotovoltaica, empresas nacionais, filiais de multinacionais e uma pequena comunidade formada por uma única rua.

O nível de algumas informações expostas para contextualizar o processo diversificado de uso e ocupação que vem ocorrendo na microbacia do Mariano está de acordo com o maior ou menor grau de facilidade obtidas em campo, por meio de acesso via internet e com área acima de 1 ha. Na área correspondente ao alto curso, estão identificadas entre o km 22 e 30 da Rodovia AM-010, quatro formas (Figura 22).

Figura 22 – Mapa de identificação de alguns uso e ocupação da terra no alto curso com área acima de 1 ha.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. *Área solicitada para o empreendimento foi de 21,01 ha.

1) Loteamento Paraíso dos Lagos (ponto A1) está localizado no km 30, com acesso também pelo Ramal Bons Amigos no km 26, na porção LNE do curso alto da microbacia, estendendo-se sobre os platôs formadores da área da cabeceira onde se encontram as principais nascentes da rede hidrográfica do igarapé do Mariano (Figura 23).

Em 2020, recebeu do IPAAM a Licença de Instalação n° 020/2020, autorizando a implantação de um loteamento com área de 21,0123 ha, de uma área total 45,5236 ha Lote 13, Gleba 10 imóvel Ephigênio Ferreira Salles, dispõe de vias pavimentadas, energia, água (construção de poço), área de lazer: parque infantil (*playground*), campo de futebol de areia e balneário localizado no curso do igarapé do Mariano.

Em dados de campo no mês de janeiro de 2023, foi constatado que o loteamento apresentava infraestrutura com algumas casas construídas, desmate e limpeza de lote em procedimentos, ruas asfaltadas e rede elétrica (fotos A e B).

Figura 23 – Loteamento Paraíso dos Lagos localizado na área de cabeceira das principais nascentes do igarapé do Mariano.



Fonte: Roselito Carmelo (26/01/2023). Coordenada Geográfica: 02°54'07.9" S e 59°57'11.2" O.

De acordo com informações no site do Ministério Público Federal (MPF, 2022), existe um histórico de crimes ambientais envolvendo o loteamento desde 2019, tendo em vista que iniciaram as obras sem autorização do órgão público competente e veicularam propaganda com informações falsa de legalidade.

Essa situação levou o MPF, em agosto de 2022, a entrar com uma Ação Civil Pública com pedido de Tutela de Urgência, pois, conforme consta na ação, foi

desmatado em torno de 2,41 hectares de floresta nativa em terras de domínio público sem autorização do órgão competente.

Em janeiro e fevereiro de 2019, ocorreu fiscalização do IPAAM para apurar os ilícitos ambientais denunciados e se constatou a supressão vegetal em ambas as margens do igarapé, intervenção em APP de 1,9699 ha, corte de buritizeiros (*Mauritia flexuosa* L.f.), adicional de floresta de 0,4506 ha desvio do curso natural, assoreamento fixação de manilhas no leito, aterro e barramento (foto C e D), objetivando a construção de um balneário com campo de futebol, parque infantil na área de encosta. Pelos impactos ambientais, foram lavrados os Autos de Infração.

No mês de agosto de 2019, em outra fiscalização, o IPAAM constatou que estava sendo implementado o loteamento Paraíso dos Lagos e venda dos lotes na internet e, por não ter a licença ambiental, foi lavrado outro Auto de Infração. Em novembro de 2020, outra fiscalização constatou que o empreendimento tinha obtido em maio do mesmo ano a Licença de Instalação do loteamento (localização, atividade e finalidade) (foto E) e realizava supressão vegetal para arruamento sem licenciamento.

O IPAAM atestou que estava licenciado para o empreendimento 21,01 ha, mas a área abrangia 266 ha (MPF, 2022). A pavimentação principal da rua destinava-se ao barramento, canalização para formação de lago no curso principal (foto F) e que se observava processos erosivos significantes (foto D). Na ocasião foram lavrados os Autos de Infração.

Consta ainda, na Ação Civil Pública, que o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) comprovou que a área está na Gleba Federal Ephigênio Salles, emitiu título de propriedade ao dono do empreendimento de 42 ha, no entanto o loteamento alcançou 266 ha da área de propriedade da União Federal e com a expansão exerce posse e prejuízo de outras famílias ocupantes que não degradam o meio ambiente.

As categorias previstas na Lei n. 3.785/2012, que dispõe sobre o licenciamento ambiental no Estado do Amazonas, consideramos loteamentos como potencial poluidor médio, com área útil (ha) $10 \leq AU \leq 50$ é considerado de médio porte e $AU \geq 100$ é área considerada excepcional (Amazonas, 2012).

É notório o dano ambiental na área sob a responsabilidade do Loteamento Paraíso dos Lagos com impactos ambientais negativos sobre o curso d'água, da flora e da fauna, pois, como indica o MPF, é área de incidência do sauim-de-coleira (*Saguinus bicolor*), espécie ameaçada de extinção. Se realmente os danos não forem reparados e se

não ocorrer uma fiscalização presente e atuante, essa área é um ponto de grande vulnerabilidade dentro da microbacia, pois se trata de mudanças e intervenções próximas à cabeceira início de todo sistema da rede hidrográfica.

2) Comunidade Bom Jesus (ponto A2) localizada no km 25 na porção OSO do alto curso surgiu em 1995 de um loteamento (dado de campo de 26/01/2023), tem 7,87 ha, possui uma única rua que se estende por 1 km de extensão, inicia a partir da AM-010, estendendo-se no sentido NNO/SSE, com residências em ambos os lados (Figura 24).

Figura 24 - Comunidade Bom Jesus localizada na margem direita da AM-010 na altura do km 25 sentido Manaus-Itacoatiara.



Fonte: Roselito Carmelo (26/01/2023). Coordenada Geográfica: 02°54'29.3'' S e 59°58'31.0'' O.

Do lado esquerdo, no sentido de quem entra na comunidade, os quintais da parte dos fundos das residências fazem limite com a Reserva Adolpho Ducke e, por imagem de satélite, é possível constatar que existe uma área de solo exposto dentro da floresta da reserva de 0,244 ha.

Apesar de infraestrutura precária, a comunidade Bom Jesus possui rede elétrica, igrejas de diferentes congregações, padaria, lanchonete e pequeno comércio. A foto (A) mostra a entrada da comunidade com a rua pavimentada sem manutenção com asfalto deteriorado. No interior, a maior parte da via está sem asfaltamento em estado precário de trafegabilidade, sem calçadas e sem sistema de drenagem para escoamento da água pluvial (foto B).

Com 28 anos de existência e com aproximadamente 131 casas, a maioria de alvenaria sem acabamento (tijolo exposto sem reboco). São casas construídas no modelo de autoconstrução, erguidas ao longo do tempo e conforme a possibilidade

financeira. Foram observadas na comunidade algumas casas construídas de madeiras e erguidas na área de encosta abaixo do nível da rua.

A autoconstrução é muito comum nas cidades brasileira e uma possibilidade para pessoas de baixa renda construir a habitação sem padrão de qualidade, sem auxílio de um engenheiro e arquiteto e sem prazo de conclusão. A maioria das casas são construídas irregulares, de má qualidade, inacabadas geralmente seguindo a topografia do relevo. No entanto, para muitos, é o único caminho que pode conduzir o cidadão a ter sua casa própria.

Muitos bens são seletivos, um deles é a habitação decente e grande maioria da população não tem renda para adquiri-la. A possibilidade é a casa produzida pelo sistema de autoconstrução em loteamentos periféricos público ou privado, tornando-se, à custa de muito sobretrabalho, proprietário de um terreno e um imóvel produzindo seu próprio espaço (Corrêa, 2002). Diz o autor que é uma forma de resistência e sobrevivência às adversidades impostas que se traduz em terrenos íngremes e alagadiços, proprietário de fato ainda que a casa seja inacabada.

3) Protecítrus (ponto A3) está localizada na altura do km 25 na porção OSO do alto curso, ocupando uma área aproximada de 16,71 ha de mudas de laranja (*Citrus sinensis L. Osbeck*), limão (*Citrus limon L. Burmann f.*) e tangerina (*Citrusreticulata Blanco*).

4) 3M Manaus Indústria de Produtos Químicos Ltda (ponto A4) multinacional localizada no km 24 na porção Oeste. É o maior parque fabril que foi inaugurado no dia 2 de dezembro de 2015, ocupando 16 mil m² de área construída (JCAM, 2015). A empresa é beneficiada com incentivos fiscais à produção e incentivos administrados pela Suframa.

A localização de empreendimentos fora da área de abrangência dos tumultos recorrentes nos centros urbanos das metrópoles tende a se tornar mais intensos, pois é uma maneira de se afastar dos problemas da estrutura física espacial que se sobrecarregam como a questão do trânsito que fica mais caótico com engarrafamentos de veículos, causando maior perda de tempo para locomoção, falta de espaço para estacionamento, poluição atmosférica e poluição sonora onde causa mais estresse.

Milton Santos (2008) faz uma análise desse processo relacionando a presença de grandes empresas em espaço mais afastado do centro urbano ao afirmar que:

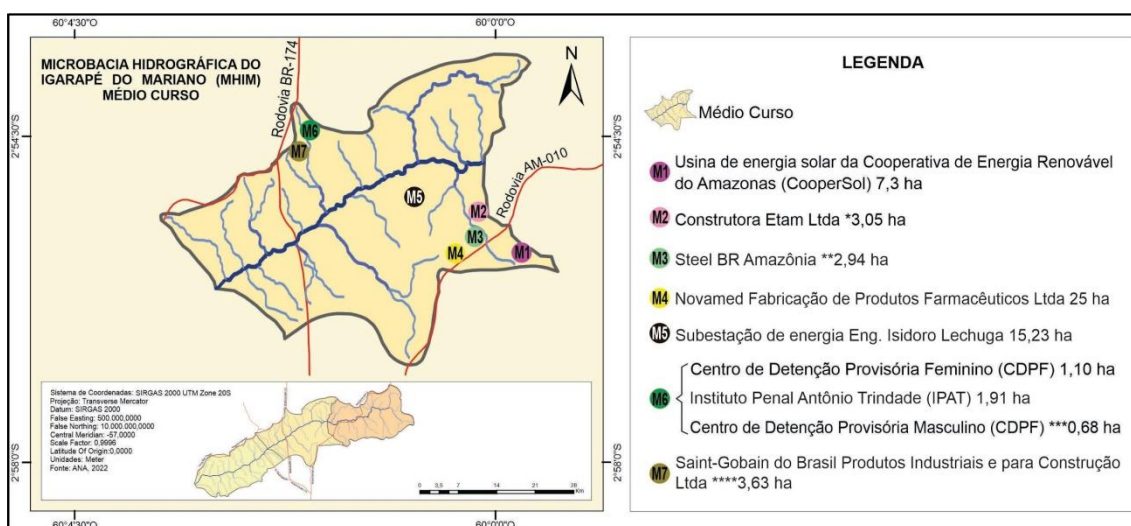
A eficácia das grandes empresas vem de sua presença em lugares estratégicos do espaço total, pontos escolhidos por elas mesmas, de onde exercem sua ação sobre outros pontos ou zonas, diretamente ou por intermédio de outras firmas (Santos, 2008, p. 127).

Muitas empresas de grande porte que exigem espaço e logística para o transporte dos produtos e funcionários (eficácia, fluidez e estratégia) geralmente migram de áreas centrais para áreas periféricas mais afastadas. Neste sentido, a AM-010 é um exemplo, de ponto de fuga para locação dessas empresas, porque permite fácil acesso, terreno com grandes áreas e valores mais baixos.

3.3.3 Médio curso

O espaço que se estende entre as rodovias AM-010 e a BR-174 encontra-se com vasta área de floresta primária, interrompida pelo segmento de vegetação rasteira por onde passa a linha de transmissão de energia da Subestação Eng. Isidoro Lechuga, que está na margem direita do igarapé e praças de lavras de areia abandonadas. Essa grande área corresponde ao médio curso da microbacia, onde se registram sete tipos de uso e ocupação da terra com influência da AM-010 e a BR-174 (Figura 25).

Figura 25 – Mapa do médio curso da MHIM com os pontos de identificações de alguns uso e ocupação da terra sob influência de acesso da Rodovia AM-010 e BR-174.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Área identificada em imagem de satélite: * 4,7 ha. ** 6,97 ha. Uso e ocupação com área total fora da microbacia *** 1,73 ha e **** 5,84 ha.

1) Usina de energia solar da Cooperativa de Energia Renovável do Amazonas (CooperSol) (ponto M1) foi constituída em 2020 e formalmente lançada em 2021,

encontra-se na porção Leste do médio curso, segundo Ximenes (2021), a usina está localizada no quilômetro 23 com 2.880 painéis de energia fotovoltaica e gera energia para 86 cooperados e empresas. Os painéis estão instalados em duas áreas, sendo uma com 3,7 ha e outra de 3,6 ha, totalizando 7,3 ha.

Esse tipo de energia renovável, que começa a se consolidar no município de Manaus, apesar de ser totalmente sustentável do ponto de vista ambiental, ainda não está acessível para muitos, principalmente, para as classes que residem na periferia distante da cidade que, geralmente, não dispõe de confortável poder aquisitivo.

O ser humano em função do lugar onde mora não tem o mesmo poder aquisitivo e usufruto dentro do espaço total, isso pode ser visto na medida em que vai descendo para a periferia (Santos, 2007). O investimento mínimo exigido dessa usina instalada na MHIM é de 12 placas a custo médio de R\$ 1.700,00 por unidade resultando em um total básico de R\$ 20.400,00 (Ximenes, 2021).

2) Construtora Etam Ltda (ponto M2), recebeu em 2021 do IPAAM a Licença de Instalação (LI) nº 141/13-02 para implantação da usina de asfalto e canteiro de obras em uma área de 3,055 ha, na altura do km 22 e está localizada na porção Leste do médio curso, é classificada como potencial poluidor/degradador grande.

No entanto, a usina de produção de concreto asfáltico apresenta uma área de solo descoberto em torno de 4,7 ha. É importante o poder público manter a fiscalização mais efetiva tendo em vista a constatação desse desencontro de dados entre área solicitada e área efetivada observada em imagem de satélite que se mostra eficiente no monitoramento da ocupação do solo.

Outro ponto de desencontro de informação de dado a ser questionado é referente à localização do empreendimento, visto que o local de instalação descrito no documento LI descreve o local como sendo no km 21, porém este se encontra na altura do km 22 para o km 23.

Considerando que essa atividade industrial da usina de asfalto é de suma importância ao desenvolvimento econômico e a sociedade como um todo, pois é um setor responsável pela produção do asfalto que pavimenta ou produz o material para a manutenção das vias beneficiando os transportes de carga e passageiros. Na manutenção, evita maior degradação por processos erosivos e evita também a chance de acidentes.

3) Steel BR Amazônia fabricação de produtos trefilados de metal Ltda (ponto M3), localizada na altura do km 22 na porção Leste do médio curso, apresenta área de

desmate de aproximada de 6,95 ha. A empresa obteve em 2021 do IPAAM a Licença de Instalação (LI) e a Licença Ambiental Única de Supressão Vegetal (LAU-SV), que autorizou a implantação de infraestrutura da indústria metalúrgica numa área de 2,9453 ha com a devida estação de tratamento de esgoto doméstico/sanitário, com vazão de 7m³/dia. Classificada como potencial poluidor/degradador grande.

A fábrica produz laminados planos de aço ao carbono, revestidos ou não, O empreendimento tem apoio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (Sedecti) com incentivos fiscais do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e beneficiada com os incentivos administrados pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa).

Apesar da empresa ter seguido os trâmites para retirada das licenças junto ao órgão competente, observa-se que existem contradições de informações no documento e na área desmatada, pois, conforme mensuração realizada e analisada em imagem de satélite, foi constatada que a área é superior à descrita na LI.

4) Novamed Fabricação de Produtos Farmacêuticos Ltda (ponto M4) foi inaugurada no mês de agosto de 2014, localizada no km 22 na porção LSE do médio curso, possui 3,5 ha de área construída em um terreno com área total de 25 ha, é a primeira indústria a produzir medicamentos na Zona Franca de Manaus com 500 empregos diretos e cerca de dois mil indiretos (Grupo NC, 2014).

De acordo com informações no site, a empresa segue todas as políticas ambientais e determinações dos órgãos competentes de Manaus: a SEMMAS, o IPAAM e a Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEMINF).

5) Subestação de energia (500 kV) Eng. Isidoro Lechuga (ponto M5) está localizada no interior da microbacia na porção LNE, próximo ao curso d'água, a entrada de acesso é na altura do km 22. A subestação está sob a responsabilidade da Evoltz que tem controle de operação da Manaus Transmissora de Energia e ocupa uma área em torno de 15,23 ha.

De acordo com Teixeira (2020), a Eletrobras vendeu em setembro de 2020 para a Evoltz sua participação de 49,5% na Manaus Transmissora de Energia S.A, que opera em 500 kV uma Linha de Transmissão de 558 quilômetros de extensão vinda de Tucuruí e que começa na Subestação Oriximiná, no Pará, passa pela SE Silves no Amazonas e termina na SE Lechuga, em Manaus. Conforme consta no site da empresa, a Evoltz é uma holding subsidiária/controladora operacional de gestão e concessões de transmissão de energia elétrica.

Na medida em que se avança para a BR-174, são observados pequenos núcleos de casas nas proximidades. A rodovia cruza quase transversalmente o curso do igarapé do Mariano na altura do km 6 e se estende no interior da microbacia de um divisor ao outro por um segmento de 3,33 km. É registrada a presença de quatro formas de uso ocupação da terra todas pela margem direita do ecossistema hidrográfico com áreas dentro e fora da microbacia.

6) Na altura do Km 8, com acesso por um ramal que se estende para o interior da microbacia, encontram-se os três complexos de detenção na porção NNO do médio curso (ponto M6): o Centro de Detenção Provisória Feminino (CDPF) com 1,10 ha, o Instituto Penal Antônio Trindade (IPAT) com 1,91 ha e o Centro de Detenção Provisória Masculino (CDPF) com área total 1,73 ha, no entanto, apenas 0,68 ha está na microbacia.

7) No sentido Manaus-Roraima, na borda divisória da microbacia, na porção NO, encontra-se a empresa Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção Limitada (ponto M7), com área total aproximada de 5,84 ha e 3,63 ha encontra-se dentro da microbacia.

A empresa tem os benefícios e incentivos por meio da Suframa, com o apoio da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SEPLAN) com incentivos fiscais do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Apesar de ser uma rodovia federal interestadual ligando Manaus ao estado de Roraima, inclusive o próprio Brasil pela parte norte do país com a Venezuela, e a área urbana de Manaus se estender até a ponte que cruza o igarapé do Mariano na coordenada geográfica 02°55'37.0" S e 60° 02'05.4" O, na altura do km 6, a BR-174 não apresenta o mesmo dinamismo no uso e ocupação da terra ao longo de seu trajeto no interior da microbacia como visto na AM-010.

Do ponto da coordena até a foz, a margem esquerda da microbacia, encontra-se na Zona Oeste, no interior do bairro do Tarumã-Açu. Todo esse grande vetor da expansão urbana que antecede a microbacia do Mariano nos primeiros quilômetros da área inicial da BR-174 já apresenta maior intensidade de uso e ocupação da terra com a construção de condomínios, conjuntos habitacionais e o surgimento de grandes aglomerados de favelas.

Essa expansão é facilitada pelos diversos acessos principais como a própria BR-174, a Avenida Cláudio Mesquita, Estrada do Tarumã e Avenida do Turismo, vias que dão acesso ao baixo curso do Mariano.

Em termos de proximidade e distância, é observado que o trecho da AM-010 que se encontra dentro da microbacia do Mariano, apesar de mais distante do centro urbano de Manaus, registra maior número de empresas. Um dos fatores atribuídos é devido à maior extensão da rodovia no interior da microbacia, porém o que pode influenciar a locação dos empreendimentos ao longo da AM-010 é a localização geográfica e a logística de escoamento de produtos para o baixo Amazonas e produtos agrícolas para abastecer o mercado de Manaus, facilitado pelo sistema rodofluvial.

De acordo com informações da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus (Seinfra), o governo do Estado do Amazonas vem realizando, desde 2021, reforma e modernização da AM-010 com objetivo de promover o maior desenvolvimento econômico a sete municípios: Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Urucurituba, Silves, Itapiranga, Urucará e São Sebastião do Uatumã (Amazonas, 2021).

Nesse quadrante modal, a AM-010 beneficia diretamente com o transporte terrestre o município de Rio Preto da Eva no interior da floresta Amazônica e os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga com seus portos fluviais que se integram conforme o Mapa multimodal do Departamento de Infraestrutura de Transporte (DNIT) a Hidrovia Rio Amazonas (Brasil, 2021).

E, por essa hidrovia, é possível o transporte fluvial de grande calado de cargas e passageiros numa troca econômica de produtos manufaturados do Polo Industrial de Manaus e o recebimento para o interior da capital de produtos primários dessa região do médio Amazonas.

Apesar de uma menor parcela da margem esquerda do alto curso do Mariano (AM-010) já estar inserida na área urbana dentro da Zona Norte e do bairro Lago Azul, no entanto é perceptível uma expansão mais lenta. Isso pode ser atribuído pelo fato de o acesso principal estar limitado pela rodovia AM-010 e isso pode ser um ponto de atração também para a locação das empresas que exigem maior área, menor tumulto do centro urbano e melhor logística.

No entanto, com a inauguração da Av. Governador José Lindoso, que se conecta à AM-010 depois do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (Bairro Lago Azul), é um novo vetor de deslocamento e poderá num futuro próximo intensificar a ocupação em direção ao alto curso da Microbacia do Mariano, pois esse novo corredor, além de se estender de Norte a Sul dentro do sítio urbano, conecta-se a outros corredores abrangendo inúmeros bairros densamente povoados.

3.3.4 Baixo curso

Esse setor da parte inferior da microbacia apresenta várias áreas desmatadas com uso e ocupação da terra mais intensivo, com inúmeros ramais que se comunicam entre si. Recentemente, receberam asfalto a Avenida Cláudio Mesquita (antigo Ramal Cláudio Mesquita), que é a principal via de acesso para a margem direita e se interliga com o Ramal Sol Nascente e o Ramal Novo Paraíso, seguem paralelos à borda da microbacia até a foz. Nessa divisão do baixo curso, são destacadas cinco formas de ocupação representando a diversificação do uso e ocupação da terra (Figura 26).

Figura 26 – Mapa do baixo curso da MHIM com os pontos de identificações de cinco formas de uso e ocupação da terra todos pela margem esquerda.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. * Área total 4,7 ha com maior parte fora da microbacia. ** Corresponde a duas áreas de 1,22 ha e 1,82 ha.

Diferente do alto e médio curso, nesse vetor é mais presente a atividade primária, onde pode ser visto piscicultura em viveiro escavado, avicultura para criação de corte de aves e produção ovos. Muitos quadrantes de setores de áreas agrícolas de pequenos agricultores (margem direita) formando um mosaico de vegetação secundária entre espaços da floresta primária e áreas de solos expostos de antigas minas de exploração de areia que se destacam sobre os interflúvios.

Conforme visto no mapa, as formas de uso e ocupação da terra em destaque se encontram pela margem esquerda da microbacia, essa concentração disposta na área é observada pela facilidade de acesso pela Avenida Cláudio Mesquita, Avenida do Turismo e Estrada do Taramã nas proximidades da foz que se conectam com inúmeros

ramais asfaltados, permitindo o trânsito de pessoas para os balneários, sítios, chácaras, residências de finais de semanas e escoamento da produção primária existente na área, para abastecer o mercado consumidor da capital.

1) Localizada sobre o limite da borda da rede hidrográfica em sua porção Leste nas proximidades da Avenida Cláudio Mesquita km 2, destaca-se uma granja avícola com área aproximada de 4,56 ha com 26 galpões para confinamento de aves, sendo que dessa área total, 4,19 ha encontra-se no interior da microbacia (ponto B1).

São vários os empreendimentos desse setor disperso no interior da microbacia para produção de aves para o abate e produção de ovos destinados ao mercado consumidor da capital.

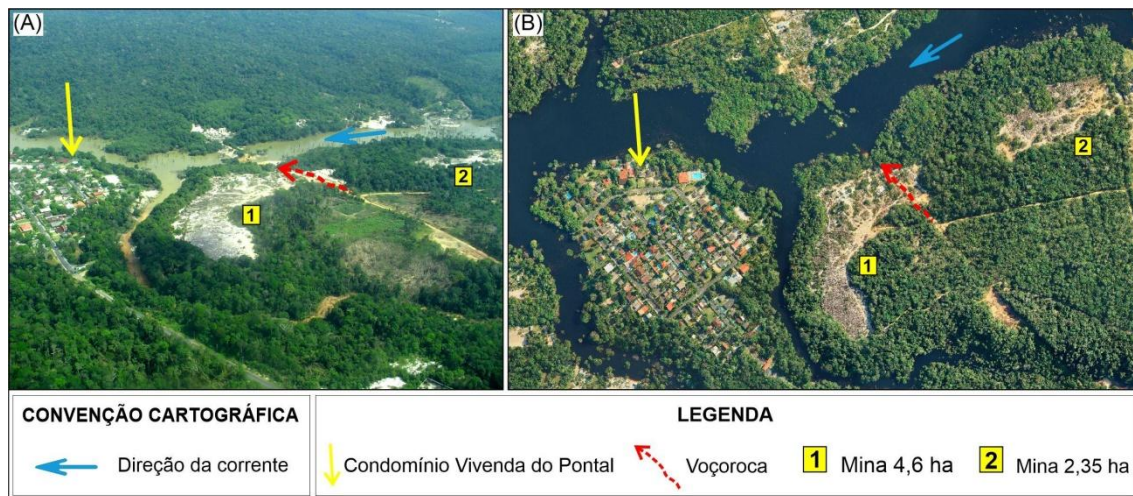
2) Formando um dos quadrantes do uso e ocupação da terra na parte inferior do baixo curso na porção SSE, encontra-se o Estacionamento da Polícia Civil do Departamento de Segurança Pública em Manaus (ponto B2) com 1 ha de área, onde estão recolhidos, no pátio, centenas de veículos apreendidos por diferentes situações de irregularidades.

3) Condomínio Vivenda do Pontal (ponto B3) com casas de campo para finais de semana com padrão destinado à classe média/alta com 11,24 ha, está localizado na parte Centro-SO do baixo curso da microbacia. O empreendimento originou de um loteamento da empresa Eletroferro, sendo aprovado pela Prefeitura Municipal de Manaus no mês de outubro de 1982. Encontra-se construído sobre um extenso platô que se projeta sobre o curso do igarapé do Mariano como divisor de água entre um afluente de primeira ordem pela parte esquerda (jusante) e um afluente de segunda ordem a direita (montante) (Figura 27).

Na figura 27, a foto (A) registrada em 2004 mostra o cenário de transformação ocorrido sobre o interflúvio com a construção do condomínio que se encontra separado da margem do curso d'água por uma estreita faixa de vegetação ciliar. Na imagem (B), é possível constatar a fragmentação da vegetação ciliar remanescente na borda do interflúvio que está sendo suprimida devido ao avanço das construções sobre a área de vertente.

Com a retirada da vegetação, o solo fica suscetível à erosão, que acelera a sua remoção para a planície de inundação e, na área em que o gradiente está próximo ao nível de base, a tendência é a sedimentação devido à redução da velocidade do fluxo, essa situação é ainda mais evidente no período de cheia quando o rio receptor barra o fluxo e reduz a velocidade.

Figura 27 – Baixo curso do Mariano mostrando as transformações na margem esquerda com a construção do Condomínio Vivenda do Pontal e os impactos ambientais nas antigas minas de areias.



Fonte: (A) Roselito Carmelo, (05/10/2004). (B) Ortofoto Projeto Mapa de Manaus, (2020), Secretaria Municipal de Finanças e Tecnologia da Informação (Semef), Prefeitura Municipal de Manaus.
Coordenada Geográfica: 2°57'16.17" S e 60°4'45.61" O.

Stevaux e Latrubesse (2017) comentam que, em zona de baixa velocidade do rio ocasionado pelo barramento do rio receptor sobre o tributário, principalmente, em cenário de cheia, reduz a capacidade de transporte e ocasiona a deposição de carga.

Próximo ao condomínio, na margem esquerda do igarapé localizadas sobre um extenso platô entre dois afluentes e bordejadas por vegetação, existem duas minas de areia exauridas com acúmulos de impactos ambientais negativos há mais de 20 anos (foto A1 e A2), não foi realizado o Plano de Recuperação de Área degradada (PRAD) e quando comparada com a imagem (B1 e B2) 16 anos depois, é possível observar que praticamente não ocorreram mudanças no interior da praça de lavra sem povoamento de vegetação.

A mina com maior área de 4,6 ha (foto A1 imagem B1) apresenta rocha exposta com fragmentos de vegetação rala na praça da antiga lavra e vegetação ciliar com faixa em torno de 50 metros mantendo a preservação do leito. Em todo interior da mina, ocorrem processos erosivos (sulcos e ravinas) e se observa uma voçoroca com movimento de massa para o interior do curso.

A segunda mina com área menor de 2,35 ha apresenta rocha exposta com fragmentos de vegetação em seu interior, encontra-se sobre o topo do platô nas proximidades da vegetação ciliar bordejada por vegetação natural (foto A2 e imagem B2). Para Stevoux e Latrubesse (2017), os impactos ambientais ocasionados pela exploração mineral acontecem quando a legislação ambiental é fraca, não tem fiscalização ou é precária ou ineficaz. Costa (2020) afirma que a mineração explorada

na microbacia foi para a construção civil que incrementa o crescimento urbano e é responsável por impactos negativos.

4) O Hope Bay Park (ponto B4) está localizado na borda da microbacia na porção SSO do baixo curso construído em uma área total de 8.0 ha com 2,78 ha dentro da microbacia, é um empreendimento de entretenimento destinado ao lazer com diversas modalidades e infraestrutura (parque aquático, praia artificial, resort, espaço cabanas, chalés, restaurante, churrasceria e estacionamento).

O empreendimento encontra-se instalado no Bairro do Tarumã Açú com vias de acesso asfaltadas. A área poligonal que está no interior da borda da microbacia limita-se em grande parte com uma área florestada que protege nas proximidades da cabeceira uma nascente de um dos tributários do Mariano.

5) Cultivo de alface hidropônica (ponto B5) ocupa duas áreas sendo uma de 1,22 ha com 32 galpões e outra de 1,62 ha localizado na porção SO do baixo curso da microbacia, ambos estruturados no sistema de plasticultura, totalizando 2,84 ha de área construída. A produção visa abastecer o mercado local da capital, com escoamento da produção via terrestre.

Esse sistema de produção de hortaliças é bem apropriado tendo em vista que o solo da área é pobre em nutrientes e deve ser preparado com técnicas agrícolas. É o cultivo produzido em estufa. As hortaliças são cultivadas em bases suspensa acima do solo com uma solução nutritiva e permite a produção ao longo do ano.

A Avenida Cláudio Mesquita está localizada na margem esquerda da BR-174 (sentido Manaus/Presidente Figueiredo) na altura do km 2 (Figura 28). É a principal avenida no baixo curso de acesso à margem direita do Mariano e se encontra em finalização de pavimentação juntamente com os ramais Sol Nascente, Novo Paraíso e Frederico Veiga (fotos A, B e C).

Conforme a Seinfra, o projeto de recuperação e pavimentação dos ramais do baixo curso do Mariano tem investimento no valor de R\$ 22,9 milhões e envolve o Ramal Cláudio Mesquita (atual Avenida Cláudio Mesquita) com 4,8 km, Novo Paraíso com 5,43 km, Sol Nascente com 1,97 km, Frederico Veiga com 3,48 km e uma rotatória, objetivando mobilidade e escoamento da produção (Amazonas, 2023b). Conforme a placa exposta em campo, a obra iniciou em outubro de 2020 e custaria aos cofres públicos R\$ 16.583.255,70 (foto D).

Figura 28 – Avenida Cláudio Mesquita, Ramal Sol Nascente e Ramal Novo Paraíso recebendo obras de pavimentação.



Fonte: Roselito Carmelo (A) (26/01/2023), (B) (24/05/2022), (C) (18/05/2023), (D) (11/06/2023), (E) e (F) (18/05/2023).

A Seinfra afirma que estava incluso nesse conjunto de obras iniciadas no segundo semestre de 2022, ações de terraplanagem, pavimentação asfáltica, meio fio, construção da ponte sobre o igarapé do Mariano, sistema de drenagem, sinalização horizontal, vertical e hidrossemeadura sobre os taludes para conter erosão.

Devido às obras de infraestrutura que foram realizadas na área, foi observado um dinamismo no processo de ocupação facilitado pela pavimentação das vias, com maior fluxo de veículos particulares. As vias asfaltadas no segundo semestre de 2022 e a conclusão da ponte em 2023 apresentam boa estrutura de trafegabilidade com faixas de identificação no asfalto para sinalizar mão dupla e placas de sinalização de trânsito (foto E).

Seguindo pelas vias, é possível constatar que o processo de ocupação está intenso com residências umas próximas das outras, áreas desmatadas preparadas para construção, várias obras de casas em andamento e placas de venda de terreno (foto F), trechos extensos de solo exposto, indicando possível conjunto de casas, apartamentos ou instalação de outros empreendimentos.

O processo de transformação que vem ocorrendo pela margem direita do baixo curso com as obras de infraestrutura nas vias e a conexão de inúmeros ramais que se irradiam para o interior da microbacia permite aos pequenos agricultores da área

escoarem a produção com mais eficácia e movimentar com maior rapidez a economia local.

Contudo, sendo uma Zona de Transição em que toda a extensão do baixo curso está na Zona de Expansão Urbana Tarumã-Açu e a partir do momento que o poder público por meio das obras de infraestrutura asfáltica consolida essa expansão na margem direita, facilita o acesso e vai acelerar o processo de uso e ocupação da terra na área.

O início desse processo já pode ser constatado com as placas de venda de terrenos e, possivelmente, vai alavancar o interesse da população em busca de áreas propícias as atividades de lazer e fomentar o interesse das imobiliárias para construção de condomínios e outros estabelecimentos residenciais.

É muito provável que esse setor da margem direita, que, antes das obras de infraestruturas nas vias, encontrava-se mais isolado pela dificuldade de acesso com ramais que impediam, de certa forma, o trânsito mais efetivo da população, perderá sua característica de zona rural (agricultores de subsistência, sítios, chácaras, arborização, cursos d'água natural) por uma ocupação cada vez mais urbana (adensamento populacional, condomínios de casas e apartamentos, degradação dos igarapés) com estruturas de concretos e aumento da impermeabilização do solo.

Atualmente, a margem direita apresenta diferente uso e ocupação da terra com residências espaçadas entre si dos pequenos agricultores com apenas maiores aglomerações ao longo das vias asfaltadas. Apesar da ocorrência de solos exposto de antigas minas de areia sobre alguns platôs que formam os interflúvios, destaca-se a presença da vegetação primária e secundária, principalmente nas margens dos afluentes e do curso principal com a preservação da vegetação ciliar.

3.3.5 Aspecto ambiental da calha do igarapé do Mariano

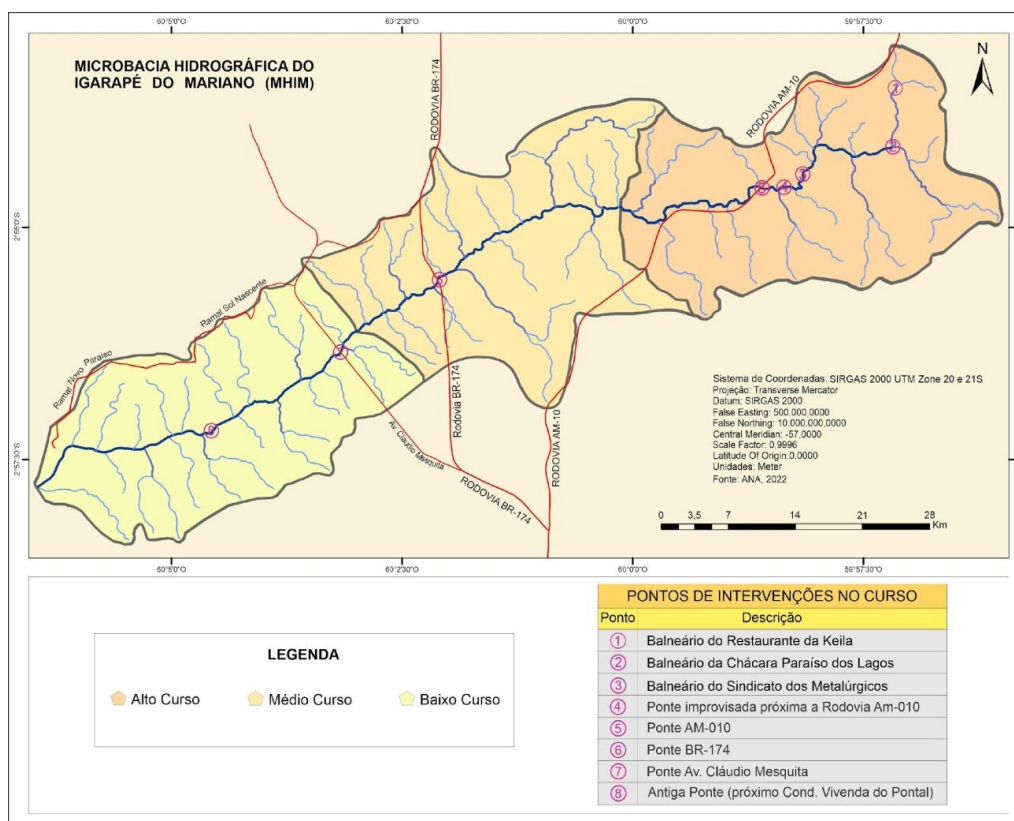
Geralmente, um igarapé natural de terra firme no Amazonas apresenta água escura, fundo arenoso, reduzida carga de sedimentos em suspensão e protegido pela vegetação ciliar com a presença de espécies de palmeiras, como o buritizeiro nativo da planície de inundação e que contribui com a redução da erosão a taxa mínima. Nas áreas onde a vegetação ciliar é predominante, sem perturbações, as características naturais do ecossistema mantêm o estado de equilíbrio.

Em grande parte do alto e médio curso, a calha do igarapé apresenta-se estreita de uma margem a outra e quase imperceptível devido à floresta que recobre o percurso. Segundo Ab’Sáber (2021, p. 71), ao se referir aos igarapés do macrodomínio Amazônico brasileiro, explica que “A grande maioria dos igarapés que cortam as florestas, por sua relativa estreiteza, está sufocada pelo dossel entrecruzado das matas que os ladeiam”.

Os impactos ambientais mais agravantes no leito do Mariano são por obras de engenharia na construção de pontes na seção transversal do curso que interferem na passagem natural do fluxo d’água, área de lazer (balneário) e no envolvimento direto ou indireto por mina de exploração de areia abandonadas sem recuperação na margem do igarapé com a supressão da vegetação, erosão e movimento de solo para o interior do canal.

Esses impactos são presentes desde a cabeceira próximos da AM-010, na BR-174, na Avenida Cláudio Mesquita e a jusante do Condomínio Vivenda do Pontal, onde há trechos em que a calha e alguns afluentes do igarapé se encontram descaracterizados por barramento, assoreamento e estrangulamento do curso d’água (Figura 29).

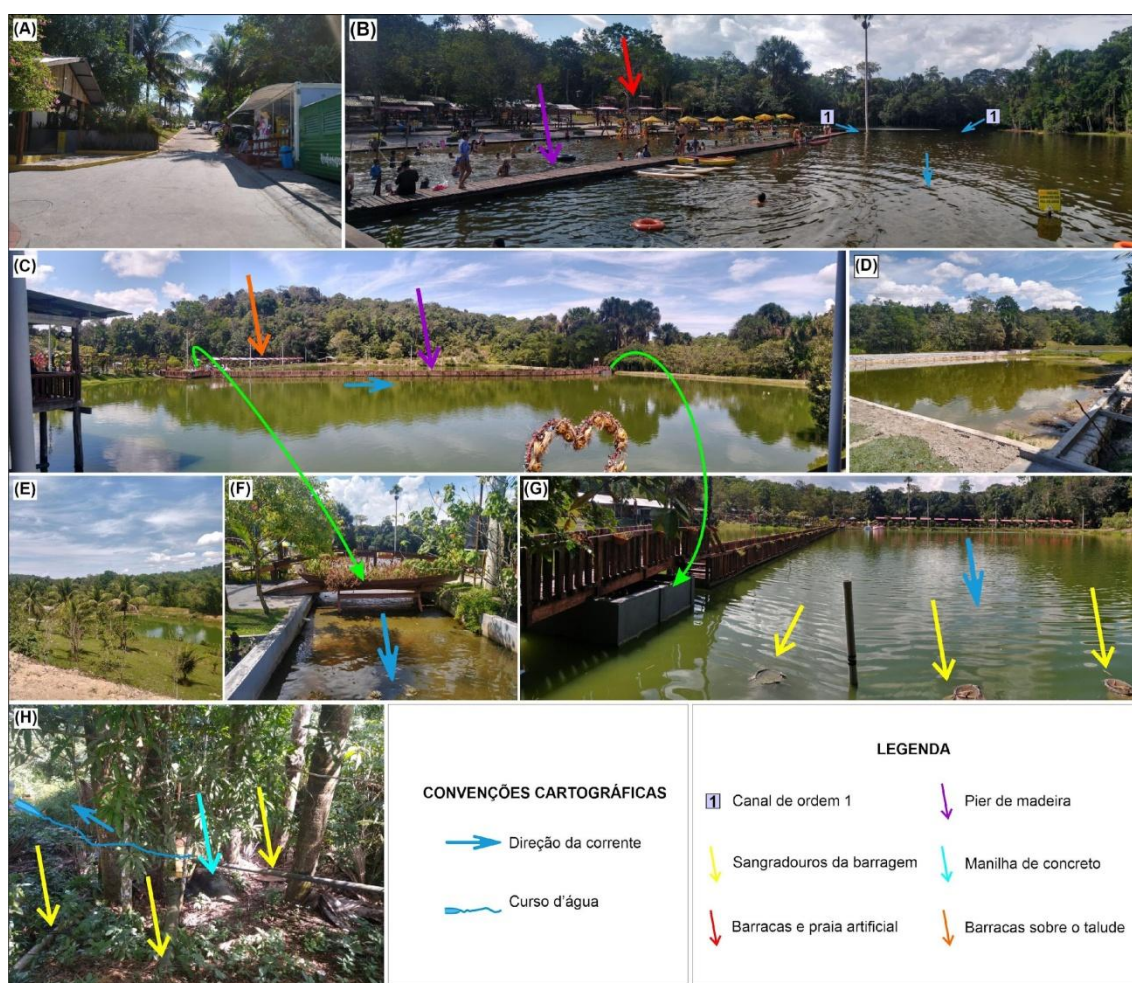
Figura 29 – Mapa de localização dos pontos de intervenções na área de cabeceira e no curso do igarapé do Mariano.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

1) O empreendimento Restaurante da Keila (ponto 1) com grande infraestrutura trabalha no segmento de lazer (balneário, barracas, *playground*, prática de *stand up paddle* e caiaque) alimentação (restaurante com café e almoço) e criação de peixe no sistema de barragem. Está localizado na altura do km 30 pelo lado direito da Rodovia AM-010 no sentido Manaus/Itacoatiara, na cabeceira da rede hidrográfica na porção NE do alto curso, formando uma área de massa líquida superficial entorno de 2,97 ha (Figura 30).

Figura 30 – Balneário do Restaurante da Keila localizado no km 30 pela margem direita da Rodovia AM-010 sentido Manaus-Itacoatiara. Intervenção no curso d'água de segunda ordem fluvial, próximo a cabeceira do igarapé do Mariano.



Fonte: Roselito Carmelo, (30/06/2023). Coordenada Geográfica: 02° 52'31.3'' S e 59° 57'10.7'' O.

As maiores alterações ocorreram pela margem direita do afluente para facilitar o acesso até a rodovia próximo à área de cabeceira. As modificações para construção do estacionamento, restaurante e formação de praia artificial ocorreram sobre a área de

vertente e planície de inundação. Com a supressão da vegetação natural e modificação topográfica, ocorreu a descaracterização do padrão de forma da área de vertente.

Com a topografia modificada da área de encosta de topo convexo e base côncava, a via de acesso foi construída (pavimentada com estrutura de drenagem) em forma de rampa com descida suave entre o estacionamento até atingir a base na planície de inundação (foto A).

E no curso d'água, o processo de modificação com a construção do barramento em duas seções transversais para controle do fluxo da corrente descaracterizou o curso natural e formou um lago de 2,97 ha com largura média de 75 m com profundidade de 1,5 m. O lago artificial formado pelas intervenções está dividido em duas formas de uso.

Na parte superior, logo abaixo da bifurcação, formada pelos canais de primeira ordem, a primeira intervenção na seção transversal ficou destinada ao lazer, onde foi formado um lago de 1,34 ha para o balneário, prática de *stand up paddle* e caiaque. Na margem direita, com a supressão de parte da vegetação ciliar que recobria a planície de inundação, foi formada uma praia artificial e várias barracas foram construídas e, no interior da calha do igarapé, foi erguido sobre a lâmina d'água um píer de madeira que avança no sentido longitudinal do curso (foto B).

A jusante para formação dos tanques em sistema de barragem foi confinada em três áreas, sendo a maior com 1,11 ha, onde pode ser observado um píer construído de madeira que liga uma barragem a outra e ao fundo, pela margem esquerda do igarapé, pode ser visto o solo descoberto na margem com fragmentos da vegetação ciliar e em seguida a área com a floresta preservada que se eleva a mais de 15 metros sobre a vertente (foto C).

As outras duas áreas de criação de peixe, uma com 0,32 ha para o tanque intermediário e outra de 0,2 ha para o tanque menor, foram construídas avançando pela margem esquerda sobre a área de encosta (fotos D e E). A foto (F) mostra o ponto de estrangulamento do fluxo d'água com estrutura de uma calha de concreto. Na continuidade do segmento que forma a barragem de terra, pode ser visto sobre o talude várias barracas construídas.

A jusante dessa primeira barragem pode ser vista na segunda intervenção com talude de terra para conter e acumular o grande volume de água. Para controle da vazão, existe outro sistema de estrangulamento construído em formato de caixa de concreto, que se eleva a partir do fundo da calha até a altura da lâmina d'água correspondente ao vertedor principal. Para ajudar no controle da vazão, foram

construídos vários vertedores secundários (sangradouros) de tubos com diâmetros em torno de 30 cm (foto G).

As duas intervenções que ocorreram logo após a junção dos dois afluentes de primeira ordem ocorreram no canal de segunda ordem com maior potencial da corrente. Os sistemas de estrangulamento (subdimensionamento da passagem da água) têm como saída final das intervenções que foram construídas transversalmente na seção do curso d'água, uma manilha de concreto com diâmetro em torno de 1 m que atravessa o talude e libera o fluxo até o curso natural que se integra diretamente ao canal principal da rede hidrográfica da microbacia (foto H).

Seguindo por mais 1,05 km por de baixo do dossel da floresta, o afluente de segunda ordem se une também a outro de segunda ordem vindo da porção Leste da cabeceira do alto curso. Esse outro afluente recebe três tributários de primeira ordem, onde um deles é a nascente principal da rede hidrográfica. A união desses dois cursos de segunda ordem forma o curso d'água principal do sistema hidrográfico, configurando o Igarapé do Mariano um curso de terceira ordem no ordenamento da rede de drenagem.

2) Nesse ponto inicial do curso principal de terceira ordem, ocorreu outra intervenção que descaracterizou a calha do igarapé. Sobre a área da bifurcação (união) dos tributários de segunda ordem está o Balneário da Chácara Paraíso dos Lagos (ponto 2).

No local, foram erguidas barragens sobre a planície de inundação para construção de ponte e formação de lago destinado ao balneário. A área de intervenção está localizada no interior do loteamento Paraíso dos Lagos. O subdimensionamento estrangulou o fluxo d'água e provocou a montante, extensa área alagada criando pela ação antrópica um lago artificial e a jusante a descaracterização e redução do fluxo de água no canal (Figura 31).

O subdimensionamento da calha diminui a vazão e confinou grande volume de água, causando impactos ambientais à montante da ponte. O alagamento perene vai ocasionar a morte gradativa das palmeiras de áreas úmidas (encharcadas), formando o cenário de “paliteiro” onde se vê apenas o estipe (caule) em decomposição, como exemplo, o buritizeiro visto em primeiro plano na foto (A).

O buritizal é a espécie bastante comum pertencente ao ecossistema hidrográfico presente nas margens e entorno de nascentes das microbacias do município de Manaus. De acordo com Ferreira *et al.* (2018), o buriti é uma palmeira de caule (estipe) solitário que pode alcançar mais de 20 m, encontrado na parte norte da América do Sul, sendo

que no Brasil é comum na Amazônia, apesar de presente em outras regiões brasileiras. Para os autores, a espécie ocorre no entorno de nascentes em áreas baixas e úmidas, pode ocorrer em estação seca, mas desde que tenha áreas com lençol d'água superficial.

Figura 31 – Balneário da Chácara Paraíso dos Lagos a jusante dos cursos de segunda ordem com as ações antrópicas que descaracterizaram a calha do sistema fluvial.



Fonte: Roselito Carmelo (26/01/2023). Coordenada Geográfica: 02°54'07.9" S e 59°57'11.2" O.

Para Pott e Pott (2004), o buriti é de solo úmido, arenoso ou argiloso recorrente em fundo de vale e vegetação ciliar (mata de galeria) de pequenos cursos d'água e, caso seja sufocado por assoreamento devido ao desmatamento ou manejo de forma inadequado, causa a morte da planta. Os autores afirmam, ainda, que as áreas úmidas de nascentes e margens de rios merecem maior atenção para estudo e conservação.

A ponte construída no sistema de tubulação de concreto (manilha) sobre a seção transversal da calha do igarapé estrangulou a vazão natural do fluxo fluvial. Para dar continuidade à via, foi erguido um talude de contenção de terra sobre a planície de inundação com cobertura de gramínea e sobre o flanco externo é possível constatar processo erosivo ativo (foto B).

A alteração do canal pelo subdimensionamento, que passa pelo vertedor de concreto e pelo sangrador, vem destruindo a vegetação e em período de chuvas intensas pode ocasionar inundações. Conforme assinala Botelho (2011), a ocorrência de ponto

de estrangulamento torna-se crítica devido à redução das seções de vazão, tornando a área interditada extremamente vulnerável a ocorrências de inundações, o cenário se agrava, principalmente, quando há ocorrência de pavimentação nas áreas adjacentes.

A jusante da ponte ocorreu a supressão da vegetação ciliar, aterramento da planície de inundação e à descaracterização natural da calha com a diminuição do volume de água desabastecimento e seca das áreas úmidas o que levará gradativamente à falência e morte do buritizal remanescente (foto C).

Mais abaixo, no segmento do igarapé, são vistas duas intervenções na seção transversal do curso que subdimensionou a vazão da água. A retirada da vegetação e o solo exposto nas margens aos processos erosivos ocasionam o movimento de sedimentos para o interior da calha e sucessivamente o assoreamento, transbordo da água e alagação (foto D).

Em informações de campo coletadas em 2022 na rodovia AM-010, a jusante do balneário, posterior a um período de chuva, acarretou um conflito com a presença da polícia ambiental acionada por moradores e pelo balneário dos metalúrgicos devido às alterações da água do Mariano, que estavam com a cor alterada devido a grande quantidade de sedimento em suspensão e totalmente imprópria para balneabilidade.

Com a retirada da vegetação ciliar, o solo fica suscetível aos agentes exógenos (sol, chuva e vento). Sem cobertura vegetal da área de vertente, a chuva detona as partículas do solo e, pelo efeito da enxurrada, arrasta grande volume de massa para as partes mais baixas. Além disso, sem a vegetação da planície de inundação (parte mais baixa), o sedimento acumula no fundo do leito entulha e eleva a calha, descaracteriza o talvegue. Água esparrama em forma de lençol para seguir seu percurso, atinge as áreas adjacentes com coloração diferente e ocasiona as enchentes.

Os impactos ambientais observados no curso do igarapé no interior da Chácara Paraíso dos Lagos é ponto de vulnerabilidade permanente. Foi construído na bifurcação formado pela junção de dois cursos de segunda ordem fluvial onde o canal da parte esquerda recebe dois canais de primeira ordem e o canal da direita recebe três canais, também de primeira ordem, são as nascentes principais da microbacia (foto A).

A junção desses dois canais de segunda ordem no local onde foi construída a ponte, formam o canal principal de terceira ordem do sistema hidrográfico da microbacia do igarapé do Mariano até o exutório. Os impactos ambientais negativos ocorrem de forma sinérgica e o que ocorrer à montante degrada e compromete a qualidade ambiental a jusante.

3) Próximo à Rodovia AM-010, na altura do km 27, encontra-se o Balneário do Sindicato dos Metalúrgicos do Amazonas (Sindmetal-AM) (ponto 3) com grande parte da estrutura de lazer pela margem direita do igarapé do Mariano, ocupando uma área em torno de 5,88 ha. Com a intervenção sobre o curso d'água destinado à área de lazer (balneário), formou um lago de 1,0 ha (Figura 32).

Figura 32 – Balneário do Sindicato dos Metalúrgicos do Amazonas (Sindmetal-AM) localizado na margem direita do igarapé do Mariano com as alterações na área de encosta, na planície de inundação e no curso d'água.



Fonte: Roselito Carmelo (09/05/2022) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Coordenada Geográfica: 2°54'32.41'' S e 59°58'12.56'' O.

Conforme dados do site do Sindmetal-AM, o balneário vinha recebendo serviços de revitalização desde 2005 objetivando conforto e lazer aos trabalhadores do PIM e, em 2015, ocorreu a inauguração do complexo com ampla infraestrutura de lazer no balneário. O local oferece espaço para prática de esporte, área de lazer com um lago e piscinas, quadra de vôlei, campos de futebol, estacionamento, área para passeio, chalés, bar e restaurante.

As modificações sobre a área de encosta formaram um flanco com declividade topográfica mais suave em forma de rampa devido às intervenções de terraplanagem. É possível observar que ocorreu a supressão da vegetação da área de encosta e da vegetação ciliar que foram substituídas por edificações, piscina e praia artificial na margem direita.

No lago artificial de 1,0 ha formado pelo represamento (estrangulamento) do fluxo d'água, encontra-se a montante da formação meândrica (curva, cotovelo) do igarapé do Mariano. Na margem direita, parte da vegetação ciliar foi suprimida substituída por uma sequência de cobertura construídas sobre a praia artificial. Sobre a seção transversal do curso disposto sobre a barragem, foram construídas coberturas para acolhimento dos banhistas.

Pela margem esquerda do curso, segue a mesma estrutura disposto sobre um deck que margeia o lago em substituição à vegetação ciliar da planície de inundação. No entanto, no plano atrás, a área de encosta está preservada com a manutenção da presença da floresta ombrófila densa que se eleva sobre o relevo acima dos 15 metros.

As intervenções ocorreram diretamente sobre área de vertente, planície de inundação e no canal do curso d'água. São intervenções que exigem autorização, controle e fiscalização dos órgãos públicos, visto que se contrapõe o que determina a legislação ambiental durante o período de construção e permanece em vigência.

Devido ao dinamismo da área de vertente, por ser um padrão de forma do relevo de excepcional fragilidade e suscetível aos processos erosivos, principalmente sem a proteção ambiental da vegetação, requer cuidados especiais a qualquer tipo de intervenção antrópica, o que requer consulta direta aos órgãos de proteção ambiental, processo de licenciamento, seguido de acompanhamento de fiscalização permanente e podendo ser negociado medidas mitigadoras ou compensatórias que atenuem o impacto causado pelas intervenções.

As vertentes são comuns nas paisagens fornecendo água e sedimento para o interior dos cursos d'água, diferentes processos como clima, vegetação e erosão atuam nas vertentes é um componente que mantém a conexão dinâmica do interflúvio e o fundo do vale (Bigarella, 2003). Segundo o autor, em geral a vertente mantém o equilíbrio por ter perfil convexo na parte superior (topo) e côncavo na inferior.

No artigo 24, inciso III da Lei n° 672/2002, que institui as normas de uso e ocupação do solo no município de Manaus e Estado do Amazonas, em vigor até a revogação pela Lei n° 1838/2014, identificava a área do igarapé do Mariano como

Unidade Espacial de Transição (UET) com ocupação de baixa densidade de unidade industrial, residencial e produção agrícola integrado a atividades de baixo impacto ambiental.

Essa lei não enquadrava explicitamente balneários nas categorias de usos e atividades, no entanto, enfatizava, no artigo 108, que, nas áreas de transição, deveria manter a proteção marginal dos cursos d'água em área mínima de 30 metros a contar de cada margem na linha da maior enchente.

A nova Lei nº 1838, de 16 de janeiro de 2014 que estabelece normas de uso e ocupação do solo no município de Manaus traz uma redação mais ampliada com referências aos cursos d'água e nascentes. O artigo 106 evidencia que para todos os cursos d'água seja na área urbana ou de transição é adotada a faixa de proteção marginal mínima de 30 metros contados de cada margem da maior enchente e 50 metros a partir das nascentes (Manaus, 2014d).

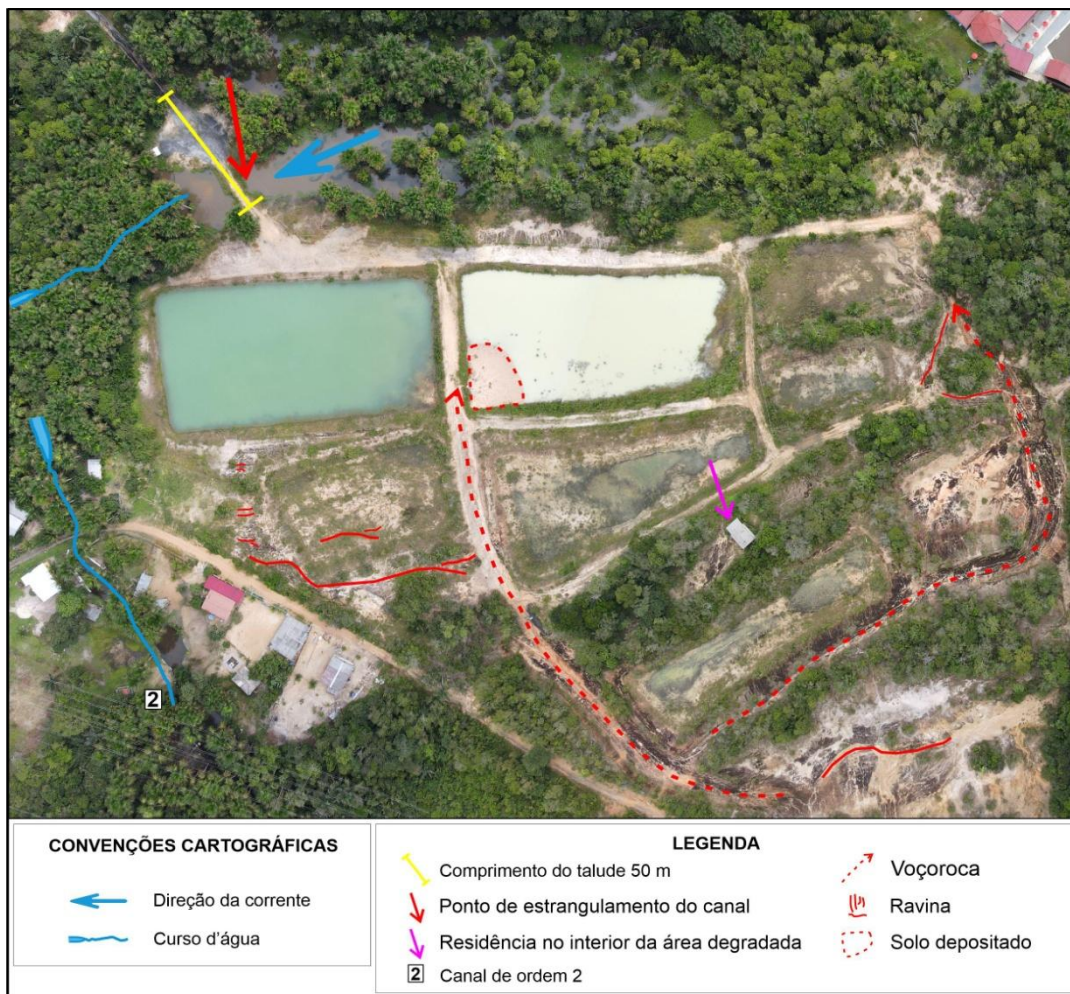
4) Seguindo por 310 m a jusante do balneário dos Metalúrgicos, próximo à Rodovia AM-010, ocorreu uma intervenção com uma barragem de terra para construção de uma ponte improvisada (ponto 4) que subdimensionou o fluxo do curso com a colocação de manilha de concreto. A barragem com a ponte sobre a planície de inundação dá acesso direto a vários tanques de criação de peixe que estão na margem esquerda e se encontram desativados (Figura 33).

Á área total exposta sem vegetação é de 6,45 ha, encontra-se sobre uma área de encosta de topografia plana formando um divisor de água onde pode ser visto na parte inferior esquerda da foto um tributário de segunda ordem, dois tanques com água e seis secos com fragmentos de vegetação e vários processos erosivos em desenvolvimento.

As trilhas de acesso e as escavações no entorno dos tanques abandonados estão sendo agentes de degradação com o aparecimento na camada do solo de sulcos, ravinas e voçorocas. É possível observar a deposição de sedimentos no interior de um dos tanques com água. Segundo Bigarella (2003), a ravina tem origem a partir do escoamento superficial concentrado e por si só já significa um estado avançado da degradação com capacidade de grande remoção de solos e sedimentos.

Para o autor, as fendas provenientes dos ravinamentos acelerados evoluem para as voçorocas que têm maior capacidade de energia para remoção do solo por maior distância com erosão geralmente intensa e as ações antrópicas são grandes responsáveis por seu desenvolvimento (Bigarella, 2003).

Figura 33 – Intervenções com barragem de terra para construção de ponte improvisada a jusante do balneário dos metalúrgicos próximo da Rodovia AM-010 na altura do km 26.



Fonte: Roselito Carmelo (09/05/2022) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Coordenada Geográfica: 2°54'34.72" S e 59°58'20.66" O.

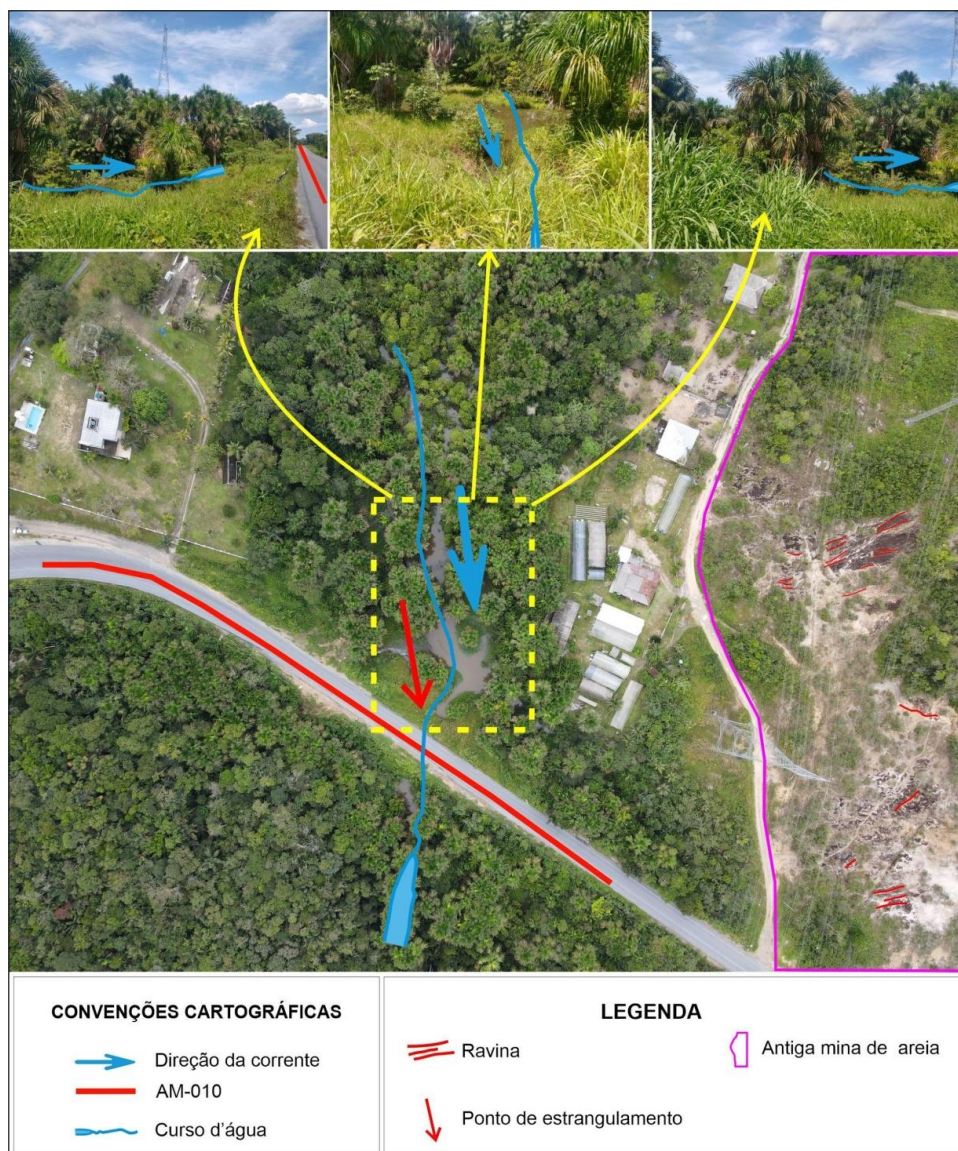
No local da intervenção, a calha tem a geomorfologia estreita entre as margens, mas, com o barramento, é possível verificar a água confinada esparramada na planície de inundação e é possível observar que a vegetação de buritizal ainda se encontra preservada.

Próximo à estrutura da ponte o solo está exposto aos agentes exógenos, vulnerável a movimento de massa para o interior do curso d'água, principalmente em período de chuva pelo efeito das enxurradas. Um solo desprovido de vegetação tem maior probabilidade do escoamento superficial da água da chuva devido à redução da infiltração e aceleração da erosão (Stevaux e Latrubesse, 2017). Durante a chuva, os minúsculos filetes de água vão engrossando se concentram e formam as enxurradas e tem maior competência erosiva (Christofolletti, 1980).

Apesar dos tanques estarem sem produtividade, solo exposto e processos erosivos atuantes, o local não está abandonado, pois como pode ser constatado, há habitações nas proximidades da área e uma residência no centro da área degradada.

5) Logo mais, a jusante na Rodovia AM-010, na altura do km 26, a intervenção sobre o curso do Mariano foi realizada por obra de engenharia, onde o canal foi subdimensionado para construção da ponte (ponto 5). Apesar do subdimensionamento da passagem da água, o que se observa no local é um cenário em processo de regeneração e equilíbrio, sem processos erosivos devido à proteção da vegetação ciliar, isso ocorre pelo tempo em que a obra foi realizada há mais de 50 anos (Figura 34).

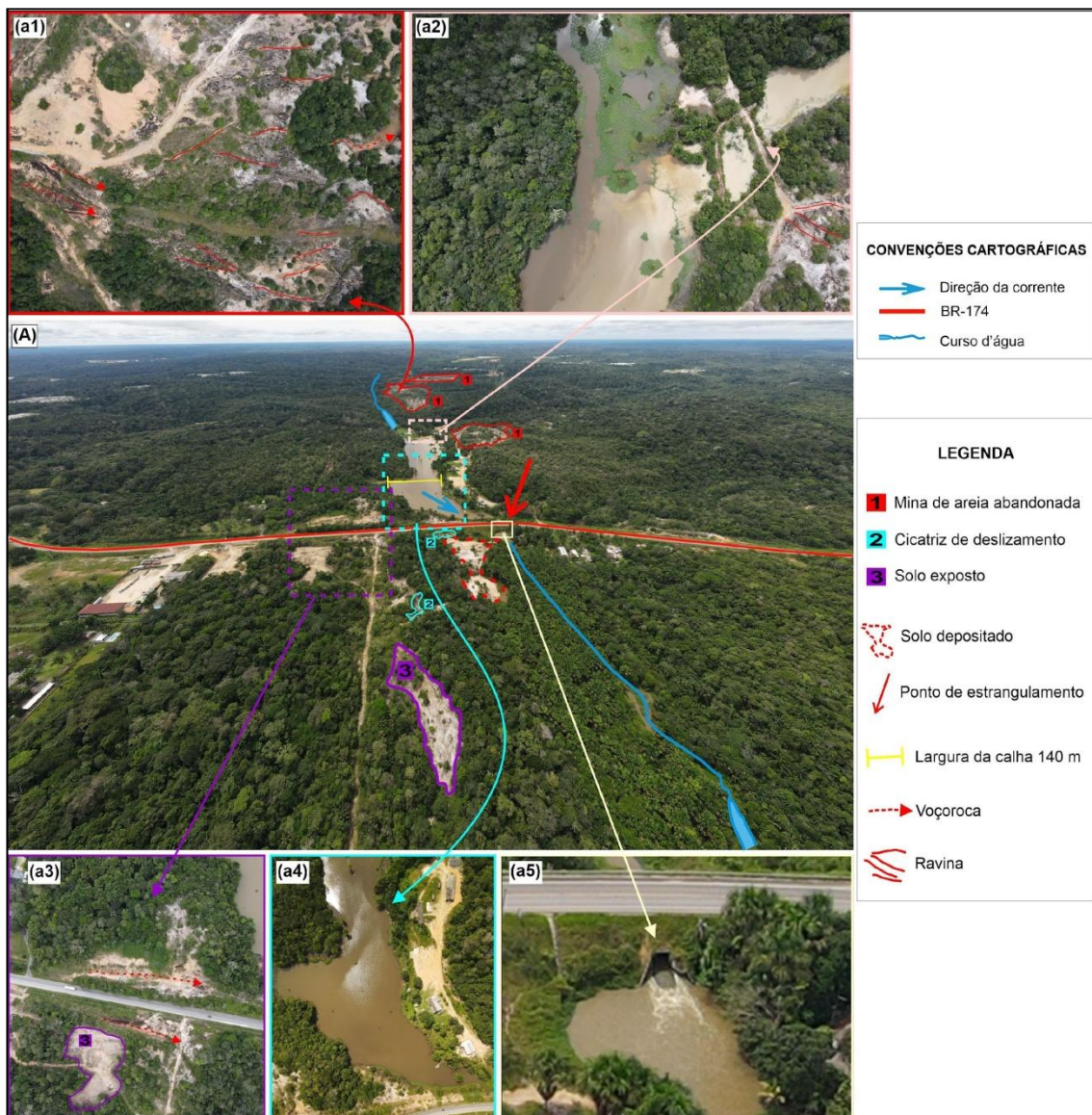
Figura 34 – Ponte da Rodovia AM-010 sobre a seção transversal do igarapé do Mariano construída há mais de 50 anos em cenário ambiental de estabilidade.



Fonte: Roselito Carmelo com a colaboração de ARAÚJO, C. S., Foto maior em: 09/05/2022. As fotos menores em: 30/06/2023. Coordenada Geográfica: 2°54'34.72" S e 59°58'20.66" O.

6) No km 6 da BR-174, a obra de engenharia na seção transversal do Mariano (ponto 6) ocasionou impacto ambiental com a construção da ponte que subdimensionou o canal e estrangulou a passagem natural do fluxo d'água. A montante da ponte a água ficou confinada e aumentou a largura de uma margem à outra em torno de 140 metros, sendo possível observar a formação de um lago, contrastando a jusante em que o canal segue o curso praticamente encoberto pela vegetação (Figura 35).

Figura 35 – Rodovia BR-174 (Manaus-Roraima) Km 6, seção transversal do curso do igarapé do Mariano e as alterações antrópicas.



Fonte: Roselito Carmelo, (09/05/2022) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Coordenada Geográfica: 2° 55'39.6" S e 60° 2'22.27" O.

Contudo, é perceptível que as residências avançaram sobre o espaço da APP confinando estreita faixa de vegetação sobre a vertente e a planície de inundação. Para

que não ocorram maiores perturbações sobre o curso do igarapé, é necessária a manutenção da vegetação que encobre o canal. São, na maioria, buritizais, muito importante para a manutenção e equilíbrio do curso d'água.

Pela margem esquerda do igarapé, a área sem vegetação de grande porte é parte remanescente de um antigo areal que não teve na época posterior à exploração, procedimento de recuperação da área degradada. A praça de lavra apresenta fragmentos de vegetação devido à falta de matéria orgânica, solo exposto aos processos erosivos, onde se identifica o desenvolvimento de sulcos e ravinas.

Devido o tempo de exposição aos agentes exógenos, principalmente chuvas torrenciais, a superfície do solo apresenta mancha marrom que identifica a formação de crostas criando carapaça mais rígida sobre o solo. Essa situação ocorre devido à ação antrópica que deixou o solo nu sem vegetação e sem matéria orgânica. Isso dificulta a penetração das raízes e o desenvolvimento da vegetação mais vigorante.

Guerra (2003) assinala que a parte superior do solo se torna selada e isso dificulta a infiltração da água, pois isso ocorre devido à falta de proteção da matéria orgânica que agrega o solo, dificulta a infiltração e aumenta o escoamento (*runoff*). Segundo o autor, o agente formador dessa crosta é o impacto das gotas de chuva que pode quebrar os agregados e sela a superfície do solo.

Esse trecho da intervenção corresponde a mais da metade da extensão do igarapé, próximo da divisão do baixo curso da microbacia. É possível observar várias alterações antrópicas que não foram mitigadas e, conseqüentemente, modificaram a paisagem. Por estarem sujeitas aos agentes exógenos, é visto um cenário de impactos ambientais negativos no ecossistema hidrográfico, com ações a partir da retirada da vegetação, solo exposto, erosão e alteração no curso d'água (foto A).

Próximo ao curso d'água, há três antigas minas de exploração de areia abandonadas sem recuperação ambiental. Apresenta formação de crosta superficial, o que diminui a infiltração da água e perda da camada orgânica que impede a sucessão vegetal plena, suscetível aos processos erosivos como o desenvolvimento de ravinas e voçorocas com o carreamento de solo para o curso d'água (foto a1).

Para ter acesso às áreas das referidas minas, foi construída uma ponte improvisada com talude de terra barrando um afluente da margem esquerda que se encontra com a água represada com elevada carga de sedimento e com o transbordamento, principalmente, em episódios de chuva que têm contribuído na

alteração da cor da água devido à carga de sedimento depositada no canal principal (foto a2).

Junto à rodovia, próximo ao canal do Mariano pela parte da margem direita, foram observadas áreas com solo exposto e duas voçorocas ativas (foto a3) e, no interior de uma delas, a formação de lixeira viciada que podem ser resíduos descartados pelos moradores das proximidades, tendo em vista que há algumas residências na localidade.

A foto (a4) mostra algumas residências sobre a borda da área de vertente, onde a vegetação ciliar natural foi substituída por plantações e remanescentes pés de buriti isolados e/ou aglomerados. O cenário de mudanças foi ocasionado pela intervenção na seção transversal do igarapé com a formação do lago que descaracterizou o ambiente natural, alagou a planície de inundação devido aos sedimentos provenientes da erosão a montante, das minas de areia exauridas, abandonadas e sem recuperação e do afluente represado que libera sedimentos provocando mudanças na cor da água.

Conforme assinala Sioli (1991), em condições naturais, a água dos igarapés de terra firme de solo arenoso tem cor escura ou tonalidade a chá fraco. Essas eram as características dos inúmeros igarapés do sítio urbano de Manaus que, em tempos passados, foram fonte de lazer para grande maioria da população manauara nos finais de semana.

Como em situação observada na ponte da Chácara Paraíso dos Lagos, ocorre a mesma situação no sistema de ponte construída na BR-174, com a diferença na geometria da estrutura, que em vez de ser tubular, é quadrada (foto a5). Entretanto, ocasiona o mesmo impacto devido ao estrangulamento da vazão que fica subdimensionada com formação de lago perene a montante e morte da vegetação da planície de inundação.

Entre o espaço do cruzamento da BR-174 e da Avenida Cláudio Mesquita, o igarapé do Mariano tem um percurso aproximado de 2,453 km. Entre esse percurso em boa parte do segmento, não é possível identificar claramente o canal do curso d'água por estar encoberto pela vegetação ciliar, que se encontra preservada até as proximidades do cruzamento da ponte.

7) A ponte sobre o igarapé do Mariano está localizada na altura do km 3,4 da Avenida Cláudio Mesquita (ponto 7) em um segmento perpendicular ao leito. Em mensurações nesse trecho do ramal, a largura da microbacia de uma borda a outra é de 3,3 km. Conforme trabalho de campo no mês de junho de 2023, o trecho ainda estava sendo executado com serviço de terraplanagem para receber a camada asfáltica (Figura

36). A obra de engenharia repete o mesmo padrão de construção da ponte da BR-174 que foi construída na década de 1970 (ver figura 35).

Figura 36 – Avenida Cláudio Mesquita no cruzamento da ponte sobre o igarapé do Mariano com a intervenção da ponte e os impactos ambientais negativos.



Fonte: Roselito Carmelo, (A) (13/05/2023) e (E) acervo (21/03/2005); (B), (C) e (D) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. (11/06/2023). Coordenada Geográfica: 2° 56'11.0'' S e 60° 2'57.08'' O.

O que diferencia entre as duas obras, além das cinco décadas, é que na BR-174 a passagem da água flui por uma estrutura de concreto em formato de caixa, na Avenida Cláudio Mesquita, foram colocadas duas manilhas de ferro de 2,5 m de diâmetro estrangulando a passagem natural da água. A construção da barragem sobre a planície de inundação desencadeou impactos ambientais negativos como erosão (ravinas) no flanco do talude e assoreamento na margem, propiciando cenário de vulnerabilidade e com certeza romperá no período de chuva intensa (foto A).

Pela margem direita do curso, o afluente de primeira ordem encontra-se com a foz barrada por duas intervenções no canal uma a montante para atividade de lazer (balneário), retirada da vegetação ciliar e substituição por uma praia artificial e a cor da água encontra-se alterada com elevada carga de sedimento em suspensão. Na jusante da área de lazer no exutório do curso, foram construídos dois tanques de derivação para criação de peixe com entrada e saída da água por gravidade, sendo que um encontra-se desativo sem água no interior (foto B)

A foto (C) mostra o perfil longitudinal da Avenida Cláudio Mesquita no início do mês de junho de 2023 (mês de transição do período chuvoso para o período de seca), pode-se observar o completo estreitamento do vertedor e a elevação da coluna d'água. No início dos flancos da barragem de terra, o processo de deposição de sedimentos contribui para o assoreamento e na parte a montante recebe pressão devido o volume de água.

Com a intervenção sobre a calha do igarapé, é notório o impacto ambiental negativo sobre a vegetação natural. A montante sobre a planície de inundação a vegetação rasteira substituiu a vegetação de grande porte, isso pode ser comparado com a vegetação à jusante (fotos C e D).

Essa perturbação sobre a mudança na vegetação é devido ao estrangulamento ocasionado pelo barramento que confina a montante, maior volume de água, matando a vegetação de solo úmido/encharcado. A foto (E) registrada em 2005 mostra no plano de fundo a presença da vegetação natural sobre a planície de inundação.

O que ainda está preservado em grande parte nas duas margens a montante e a jusante da ponte são as áreas de APP. A vegetação é vista sobre o topo da área de encosta seguindo a simetria convexa do relevo, estendendo-se com a cobertura vegetal até o vale onde se encontra a planície de inundação, protegendo o solo contra os agentes exógenos, principalmente, os impactos das gotas das chuvas e enxurradas (fotos C e D).

Nas proximidades da ponte, a calha se alarga em torno de 164,52 m em média com a água preenchendo todo canal e daí até a foz se amplia gradativamente devido à diminuição da declividade, aumento da vazão proveniente da drenagem dos inúmeros canais de primeira e segunda ordem vindo de montante (foto D). A vazão do curso d'água aumenta para jusante devido a maior quantidade de tributários fluindo água para o canal isso faz com que aumente significativamente a largura, velocidade e profundidade (Press *et al.*, 2006).

Esse ponto de intervenção no canal apresenta cenário mais suscetível à enchente, alagação e rompimento da barragem que secciona a calha. A geomorfologia do canal é diferente da BR-174 onde o segmento do curso d'água a montante é mais estreito com largura média de 4 m de uma margem a outra devido à maior declividade e menor volume de água.

Com a calha mais larga, aumenta a pressão sobre a área de intervenção, principalmente em período de chuva em que o volume de água e velocidade tende a aumentar e com o vertedor subdimensionado a pressão sobre a barragem será maior. Isso talvez explique o rompimento ocorrido no início da década de 2000, onde a força da água destruiu a barragem e deixou só a tubulação de ferro no meio do canal (foto E).

Referindo-se às cheias extremas do rio Negro, especificamente a de 2021, o WWF (2021) fez um alerta de que as cheias estão cada vez mais extremas e frequentes com chuvas intensas acima do normal em que atingiram toda a bacia do rio Negro e degradação ao meio ambiente vai piorar ainda mais o cenário. Durante esse período em Manaus, as inundações atingiram inúmeros bairros com consequências mais severas sobre as pessoas que moram em lugares degradados e inapropriados como as margens dos igarapés.

Esses sistemas de intervenções como o que foi construído na Avenida Cláudio Mesquita sobre a seção transversal do canal é uma prática de obra de engenharia que remonta décadas anteriores de obras de infraestruturas realizadas no sítio urbano de Manaus que comprovaram impactos socioambientais negativos para a população local com enchentes a montante devido o subdimensionamento da passagem da água e a degradação do curso com assoreamento.

O mesmo cenário desse tipo de obra é visto em duas intervenções sobre o Igarapé do Quarenta no Bairro Zumbi dos Palmares na Zona Leste consolidado em 1986 (Figura 37) e, de acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus de 2014, está escrito que:

Como na maioria dos Igarapés de Manaus, os problemas de alagamentos da bacia ocorrem a montante das obras de transposição do Igarapé pela rede viária e são decorrentes, principalmente, da redução da seção hidráulica nos estrangulamentos dos talvegues naturais, pela urbanização desordenada e falta de manutenção dos talvegues naturais (Manaus, 2014a, p. 45).

Figura 37 – Intervenções com manilha (tubos de concretos em torno de 2 metros de diâmetro) sobre o Igarapé do Quarenta no Bairro Zumbi dos Palmares na Zona Leste de Manaus.



Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus. Manaus (2014a).

As obras no curso principal do igarapé do Quarenta é um bueiro com duas tubulações de concretos onde diminui a capacidade de escoamento (foto A) (Manaus, 2014a). Para compensar o aumento da área contribuinte do curso d'água, mais a jusante, foram colocados três tubos de concretos de 1 metro de diâmetro, porém as obras encontram-se com sinais de assoreamento e risco de entupimento (foto B) (Manaus, 2014a).

É importante que o poder público realize obras de infraestruturas que visem à melhoria da mobilidade e que potencialize o escoamento da produção rural dos pequenos e médios produtores, como a que está ocorrendo no baixo curso do Mariano, mas também é importante que se tenha a preocupação com as obras sobre os cursos d'águas com o mínimo possível de impactos ambientais negativos, seguindo as recomendações da Legislação Ambiental vigente.

Essas obras têm que ser de baixo impacto, eficazes e duradouras, sem que venham repetir a degradação ambiental como as intervenções vistas no passado no sítio urbano de Manaus sobre as microbacias. É importante contratar por processos licitatórios empresas que preencham requisitos e tenham histórico de compromisso com a questão ambiental e para garantir o sucesso da obra, cabe a Administração Pública, fiscalizar as etapas da construção e gerenciar permanentemente a operação de manutenção.

A microbacia do Mariano corresponde a uma área de baixa densidade populacional que precisa da presença do Estado em toda fase de ocupação para garantir seu ordenamento e planejamento ambiental, pois, segundo a CPRM (2012), é preciso

haver uma antecipação aos problemas de poluição e favelamento dos igarapés para impedir que cursos d'água não totalmente degradados venham num futuro próximo serem devastados.

Da ponte da Avenida Cláudio Mesquita até a foz o Mariano apresenta extensão de aproximadamente 7,52 km. A partir do ramal seguindo o curso por 3,78 km até próximo a uma antiga intervenção (ponte destruída), verifica-se que a faixa marginal correspondente a APP encontra-se preservada com a presença de fragmentos de vegetação dentro da calha na planície de inundação.

8) Para realização do transporte de areia da margem direita, foi construída uma ponte com talude de terra sobre a planície de inundação, próximo ao Condomínio Vivenda do Pontal (ponto 8). A ponte era utilizada na época pelos moradores da área, mas o objetivo foi facilitar o escoamento de extração de areia no baixo curso da microbacia. Atualmente, no local, existe parte da barragem de terra e uma estrutura de concreto no interior do curso (Figura 38).

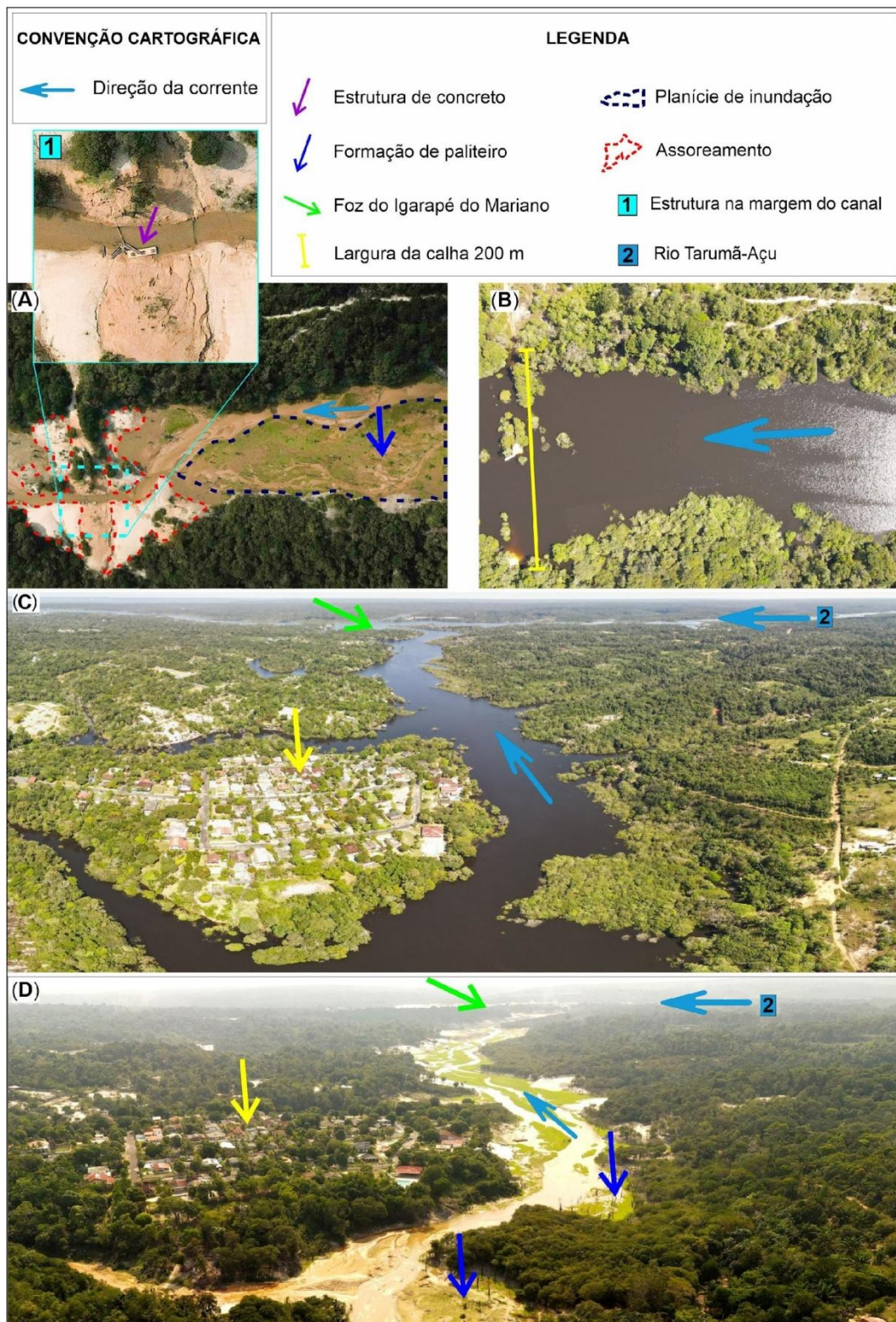
A ponte foi construída sem norma técnica por mineradores que exploravam areais clandestinos pela margem direita e tinha na época o Ramal Mariano como via de escoamento desse material de construção. A força da água destruiu a ponte, ficando no local os impactos ambientais como desvio do curso estrutura de concreto no canal e a morte da vegetação na planície de inundação (Silva, 2016).

A barragem de terra que fazia parte da ponte destruída está sobre a ação dos agentes exógenos (agentes intempéricos e erosivos) há muito tempo e está liberando pelos dois flancos e nas duas margens, volumes de solo que estão sendo depositados na planície de inundação, contribuindo para o assoreamento na calha fluvial (foto A).

Com o subdimensionamento e o desvio do curso, a parte do ecossistema hidrográfico a montante foi alterado, ocorreu perturbação sobre o ambiente da dinâmica do escoamento da água, com maior tempo de permanência e vazão mais lenta durante o período de descida. A velocidade da corrente diminuiu, ocorreu maior sedimentação sobre a planície de inundação e, conseqüentemente, a morte da vegetação que se transformou em um cenário de paliteiro.

No interior do canal, ficou parte da estrutura da ponte que continua resistindo ao tempo por mais de 25 anos e impactando o curso d'água, é um bloco de concreto que sustentava a ponte e contribui para impedir a fluidez da corrente no talvegue (foto A1).

Figura 38 – Antiga ponte destruída no baixo curso do Mariano, usada para escoamento de areia explorada na margem direita da microbacia e os impactos ambientais negativos sobre a calha do curso d'água.



Fonte: Roselito Carmelo com a colaboração de ARAÚJO, C. S. (A) (31/10/2022), Coordenada Geográfica: 2°57'15.19" S e 60°4'39.26" O, (B) (24/05/2022), (C) (24/05/2022), Coordenada Geográfica: 2°57'14.46" S e 60°4'33.41" O e (D) 31.10.2022.

Nesse ponto da intervenção, a calha tem de uma margem a outra 200 m. No período de cheia, a coluna de água atinge mais de 4 metros de espessura, e por estar próximo ao nível de base (parte mais baixa) a largura entre as margens tende a se ampliar devido ao grande volume de água vindo das partes mais altas do alto e médio curso, provenientes dos inúmeros tributários de primeira e segunda ordem (foto B).

Qualquer intervenção na seção transversal do igarapé exige estudo multidisciplinar por pessoas especializadas e trabalho de engenharia para construção de ponte levando-se em conta principalmente a vazão, velocidade, dimensão da largura do canal e altitude do relevo. Apesar de envolver outras variáveis, esses quatro fatores podem ter sido os pontos de vulnerabilidade que levaram a destruição da ponte no baixo curso do Mariano.

O que se entende sobre os impactos provocados pela ponte, embora tenham ocorrido há tempos, é a facilidade de se burlar a lei, a fragilidade dos órgãos ambientais pela ineficácia de operação/fiscalização e a ausência do poder público pelo fato de não agir para mitigar o que está impactando o ecossistema hidrográfico.

De acordo com a ANA (2022), os números crescentes de barragens de maneira global impactam grandemente os ecossistemas de água doce, sendo necessária a urgência de planos emergenciais para mitigar os efeitos prejudiciais, com medidas de desativação (desobstrução) para a liberação do fluxo d'água, recuperação e proteção a fim de garantir a qualidade ambiental dos habitats críticos.

A água é, antes de tudo, um bem comum da coletividade e é claro que cabe à população zelar pelo bem natural, mas o estado, como administrador do espaço geográfico, deve agir antes que o recurso pereça. Pelo próprio esforço da natureza, ainda irá levar muito mais tempo até que a estrutura de concreto seja totalmente incorporada ao ambiente fluvial.

Seguindo a jusante no baixo curso do igarapé, o cenário representativo corresponde ao período de cheia no mês de maio no complexo sistema hidrográfico da região, representado pelos meses mais intensos de chuva. O igarapé toma maiores proporções em volume de água pelo fato do gradiente se tornar, suave quase plano. A coluna de massa líquida sobe extravasando pela planície de inundação, preenche os afluentes de primeira e segunda ordem e ocupa toda a dimensão da calha com largura média de 265 m (foto C).

Todo esse volume de água o igarapé do Mariano capta desde sua cabeceira vindo do quadrante de localização LNE, para formar sua rede hidrográfica de terceira

ordem até desaguar no rio Tarumã-Açu, que se projeta em sentido Norte/Sul (foto C2 e D2), recebendo esse tributário pela sua margem esquerda e indo desaguar no grande caudal do Rio Negro.

O cenário de elevado volume de água na calha se inicia em novembro até meados de junho. Para D'ávila Junior e Vieira (2019), os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, são os mais chuvosos e os meses de julho, agosto, setembro e outubro os menos chuvosos, sendo que abril é o de maior índice de chuva e agosto o mais seco.

No período de seca, quando o regime de chuva cessa nas cabeceiras, os rios Solimões e Negro diminuem de volume e aliviam a pressão sobre os tributários menores como os igarapés que reduzem consideravelmente a sua massa d'água, deixando à mostra a calha onde prevalece a planície de inundação.

Ab'Sáber (2004, 2021) descreve esse cenário explicando que o igarapé no período da cheia é um caminho de águas mansas, sem correnteza estando diretamente relacionado e influenciado pelas oscilações diferenciais dos grandes caudais (Solimões/Negro) e, com o rebaixamento das águas, liberam as águas represadas e, assim, verificam-se os pequenos cursos dos igarapés que seccionam vertentes e cruzam a floresta em seu baixo curso.

Em período oposto, a foto (D) corresponde ao cenário de seca registrada no final do mês de outubro, onde é visto o modelado do vale fluvial do baixo Mariano encaixado (escavado) com o registro de sua morfodinâmica com ação da erosão e deposição ao longo do tempo.

O canal meandrante flui em filete de água rasa por entre as barras de sedimentos argilo/arenoso, que se encontram povoadas por vegetação verde de porte rasteira, é seguida nas margens por terras mais elevadas correspondente à planície de inundação e a vegetação ciliar que recobre o relevo.

Durante o período de seca, com o esvaziamento da coluna d'água, que antes permitia a navegação de pequenas embarcações, é possível verificar o entalhe do curso devido à sucessão do movimento de cheia e de seca do Rio Negro. Ab'Sáber (2004) comenta que, durante a estiagem das águas, os igarapés de Manaus se transformam em pequenos ribeirões.

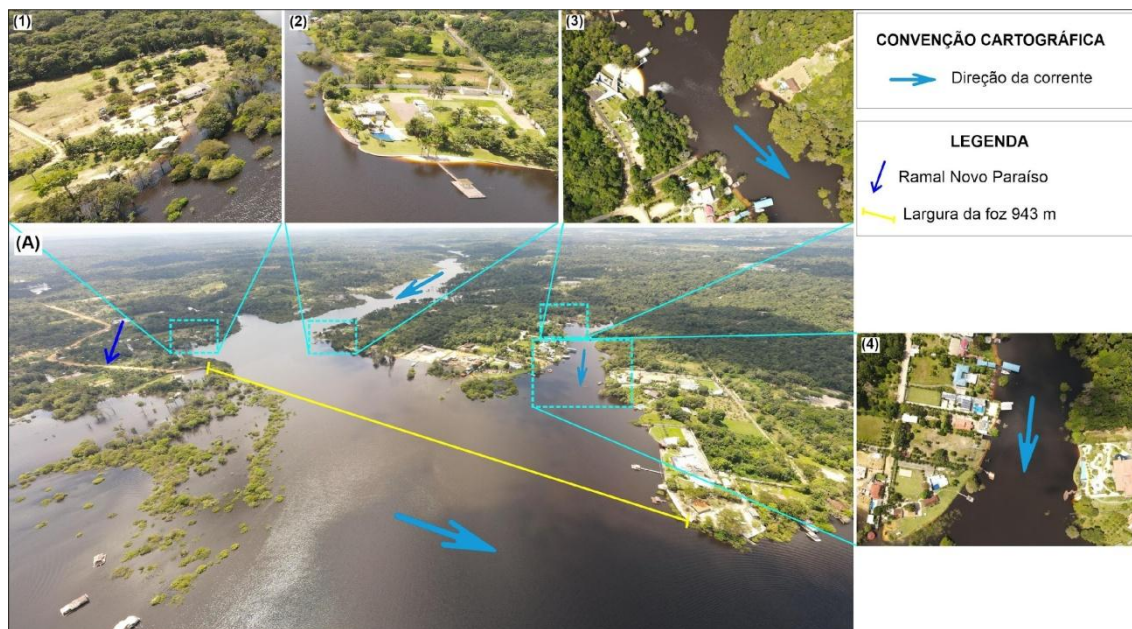
É possível constatar algumas áreas de mudanças no interior da calha, onde trechos da planície de inundação perderam a vegetação natural que pode estar sendo

sufocada pelo processo de assoreamento, deixando no seu interior árvores mortas expondo apenas o caule em formação de paliteiro (ver seta azul).

As áreas de encostas que se elevam nas partes mais altas formando os interflúvios aparecem com a vegetação mais preservada pela margem direita, onde o processo de uso e ocupação é menos intenso voltado à atividade rural. A margem esquerda, por ser uma extensão da área urbana e fazer parte do Bairro Tarumã-Açu, existe maior facilidade de acesso, por isso, a ocupação é mais intensa com projeção para as margens do curso principal e os tributários com habitações destinadas a classe de maior poder aquisitivo, como exemplo, o Condomínio Vivenda do Pontal (ver seta amarela na figura 14 C e D).

Da antiga ponte até a foz, o igarapé do Mariano percorre por mais 3,74 km com diferentes usos e ocupação da terra, sendo que a margem direita, mais próxima da foz prevalece em destaque sobre os platôs que formam os divisores de águas dos cursos de primeira ordem, pequenas propriedades rurais de construções simples, balneários, áreas agrícolas familiares e solo exposto de antigas minas de exploração de areia. A margem direita apresenta ocupação mais seletiva com residências de alto padrão social (energia solar, marinas, praias artificiais, piscinas e quadra poliesportiva), (Figura 39).

Figura 39 – Foz da microbacia do Mariano e o contraste social no processo de uso e ocupação.



Fonte: Roselito Carmelo, (24/05/2022) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Coordenada Geográfica: 2°57'48.41'' S e 60°6'29.78'' O.

No artigo 8º do Novo Código Florestal de 2012, é bem explícito que a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta lei (Brasil, 2012).

A ocupação da margem esquerda avançou sobre a faixa de proteção dos corpos d'água da calha principal e dos afluentes. Essa faixa corresponde na legislação ambiental a APP que é fundamental para o equilíbrio ambiental, portanto, devem ser locais intocáveis com rígido limite de ocupação em excepcionalidade, quando for em prol do bem comum e do uso coletivo (foto A e A4).

A apropriação do espaço natural e as contradições que se expressam a partir da transformação do lugar e o valor desse lugar que se diferencia em relação a outro lugar é estabelecido de acordo com o poder aquisitivo. Na calha principal próxima à foz, o cenário da água e da floresta transforma o lugar numa beleza cênica, porém, também expressa a contradição na forma de uso da terra, onde pode também ser observada a presença ou não, do poder público.

A foto (A1) da margem direita mostra o uso e ocupação da terra sobre o interflúvio, refletindo o modo de vida rural com casas mais simples aglomeradas com quintais abertos e infraestrutura mínima (estrada sem pavimentação) numa transformação do lugar com maior presença do ambiente natural.

A foto (A2) da margem esquerda ainda que sobressaia parte da natureza com ambiente de vegetação, o processo de transformação expressa maior poder aquisitivo, com habitação projetada de forma arquitetônica com piscina, estacionamento, campo de futebol, praia particular, marina, propriedade murada e com melhor infraestrutura de acesso via pavimentada e rede de energia elétrica.

Para Santos (2012), o uso da terra é um subsistema no sistema espacial, num determinado tempo e em cada lugar tem forma específica, o valor de cada subespaço se transforma em relação a outro subespaço pela forma como é apropriado. E segundo o autor, o subespaço é submetido a uma série de transformação que o diferencia dos demais, e qualquer mudança na porção do espaço total, repercute no subespaço por meio de uma dinâmica externa e de uma estrutura dominante.

Devido ao grande volume da massa d'água, os afluentes próximos à foz são mais largos com acesso direto via fluvial pelo Rio Tarumã-Açu, mas podem ter acesso por vias asfaltadas. Entre as várias residências, uma se destaca ao nível de ostentação da realidade do próprio local, onde é possível observar em uma propriedade, além da praia

artificial e da marina, dois aviões estacionados destinado ao lazer particular (foto A3). Seguindo o curso a jusante todas as residências construídas nas margens são de alto padrão com piscinas, campo de futebol e marinas (foto A4).

O exutório, lugar de encontro do Igarapé do Mariano com o Rio Tarumã-Açu, onde despeja todo seu volume de água se expande de tal forma muito superior à sua média de largura do baixo curso, atinge de uma margem a outra, 943 m (foto A). Essa característica natural facilita no período de cheia o intenso fluxo de lanchas e pequenas voadeiras que se intensificam, principalmente, nos finais de semana.

Para Ab'Sáber (2004), essa morfologia fluvial dos igarapés, largo de uma margem a outra, corresponde a um baixo vale afogado devido à sucessão de subida das águas do rio Negro que, anualmente, devido às cheias corresponde em pontos das margens de ataque das correntezas é segundo o autor um tipo de rias interiores de água doce.

Na explicação de Franzinelli e Igreja (1990), as rias fluviais presentes nas características morfológicas dos afluentes do baixo curso do Rio Negro, caracterizam os cursos d'água dessa área espacial em afluentes com a foz afogada alargando-os de uma margem a outra.

Pela pressão da expansão urbana de Manaus, é provável que, num futuro próximo, o modo de uso e ocupação da margem direita do Mariano e seus afluentes se intensifiquem e as habitações simples sejam substituídas por habitações de alto padrão. Esse processo de transformação será alavancado devido ao asfaltamento recente da Avenida Cláudio Mesquita, do Ramal Sol nascente e Novo Paraíso que permite não só acesso a inúmeros ramais até a margem do igarapé como também alcança até a foz (Foto A seta azul).

É preciso que o poder público cobre plano de gestão para ordenar as formas de ocupações e colocar em funcionamento as leis ambientais para exigir dentro das medidas cabíveis nas áreas que não respeitaram as normas, que sejam realizadas as medidas mitigadoras com as devidas compensações, assim amenizaria os impactos negativos e não se repetiria as degradações do passado que ocorreram em outros igarapés.

Pois, como exemplo, as contradições que podem ser observadas em termos da funcionalidade da legislação ambiental brasileira sobre os cursos d'água, remonta aos tempos iniciais da ocupação acelerada do sítio urbano de Manaus a partir da década de 1970 depois da implantação da ZFM. Infelizmente, continua em tempos atuais com a

ocupação que vem ocorrendo sobre as zonas de expansão urbana, principalmente, na área da Microbacia do Igarapé do Mariano.

As formas de uso e ocupação e as intervenções ocorridas com a construção das vias e áreas de lazer (balneário) no leito do igarapé do Mariano vêm ocasionando impactos ambientais negativos típicos das microbacias urbanas da cidade de Manaus que foram e continuam sendo destruídas na medida em que a cidade se expande.

As obras de intervenções com barramento e estrangulamento que causam o subdimensionamento são recorrentes nas microbacias. É uma ação que requer participação multidisciplinar com vários olhares de profissionais experientes, porque envolve vários ecossistemas (vegetação, solo e água) com dinâmica natural e interdependente.

A Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 no artigo 2º já fazia referência sobre a preservação permanente ao longo das margens dos rios com faixa mínima de 5 metros para rios de até 10 metros de largura (Brasil, 1965). Essa faixa foi ampliada na década de 1980 pela Lei Nº 7.803, de 18 de julho de 1989 que alterou a redação de 5 para 30 metros nos cursos d'água com largura de até 10 metros.

Conforme a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, para que sejam preservadas as margens dos cursos d'água, considera APP "I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura" (Brasil, 2012, Art. 4º).

Nesse sentido, já existiam leis de proteção ambiental quanto à restrição do uso e ocupação do solo nas margens dos cursos d'água, o que fica em questionamento então é a ineficácia de sua aplicação. Isso parece demonstrar também que falta mais severidade e que não ocorre fiscalização ambiental para impor o que determina a legislação.

O que se percebe, com esse estudo sobre a microbacia do Mariano, é que falta maior presença do estado no ordenamento de uso e ocupação da terra com respeito à legislação ambiental e aos recursos naturais existentes. O aspecto natural presente na microbacia do Mariano em toda extensão é favorável ao turismo rural e o ecoturismo.

A geomorfologia fluvial da rede hidrográfica se assemelha à "espinha de peixe" (ver figura 21), devido os afluentes e subafluentes se prolongarem em paralelos e perpendicularmente ao curso principal, forma uma beleza cênica natural entre os interflúvios dos canais de primeira e segunda ordem com fácil acesso ao canal principal.

No baixo curso, a foz ampla com suas reentrâncias apresenta um cenário exuberante de água e floresta do ecossistema Amazônico. É propício ao turismo fluvial e ao lazer nos finais de semana, principalmente, no período da subida das águas que permite as embarcações de baixo calado penetrarem pelos inúmeros afluentes e pela calha principal por até 4,77 km. Em embarcações do tipo rabeta e canoa, podem percorrer 7,52 km até a ponte da Avenida Cláudio Mesquita (ver figura 36 C, D e figura 38).

É preciso na realização dessas atividades econômicas políticas públicas com envolvimento do poder público na estrutura financeira, administrativa e segurança, em parceria com a população local, para que esta possa garantir fonte de renda e assim se sentir na responsabilidade de preservar, conservar e entender que é possível obter renda sem destruir a natureza.

Com a recuperação e asfaltamentos dos ramais principais da margem esquerda como o ramal Sol Nascente e ramal Novo Paraíso (ver figura 28 E e F) que já está asfaltado, o movimento de ocupação vai se intensificar. Essas atividades econômicas devem ser pensadas e implantadas o quanto antes da microbacia ser ocupada de forma totalmente desordenada levando a sua degradação ambiental e ao extremo contraditório socioeconômico.

E como toda forma de ocupação é seletiva, é perceptível que vem ocorrendo um processo de seleção social na calha do baixo curso do igarapé do Mariano, onde a margem esquerda vem sendo habitada pela classe de alto poder aquisitivo e a margem direita mostra-se ocupada por pequenos agricultores de subsistência, isso talvez, em um futuro próximo, pode mudar devido à facilidade de acesso com as vias asfaltadas até a foz.

É fato que, pelas necessidades e anseios, a microbacia do Mariano tende a ser modificada continuamente pelo homem, apresenta-se ainda em várias extensões um ambiente natural de vegetação primária característica da floresta de terra firme, principalmente, pela margem direita no curso superior, base de todo ecossistema com suas potencialidades dos recursos naturais, com possibilidade ao planejamento ambiental e gestão de todo seu produto primário disponível entre as unidades ecodinâmicas.

Qualquer ação e/ou interdição isolada ou coletiva sobre os igarapés que modelam o relevo da capital, se não forem acompanhadas seguindo a legislação ambiental, com profissionais qualificados multidisciplinar e apoiados nas

recomendações das instituições de pesquisa, anos se seguem, e a cidade de Manaus continua expandindo o sítio urbano e de forma feroz continuará desprezando e destruindo os igarapés. É preocupante, porque sendo a Metrópole da Amazônia Ocidental é exemplo negativo para as dezenas de municípios que formam o Estado, estão seguindo o seu modelo de expansão predatória sobre os cursos d'água.

Não se trata apenas de proteger um patrimônio natural, embora isso já seja um bom motivo para sua conservação, mas por se tratar de um patrimônio cultural histórico, com hábitos e costumes de uma geração que ainda está viva, ficou impossibilitada de continuar a tomar banho nos igarapés nos finais de semana com a família e também porque se nega a manutenção desse valor cultural as gerações futuras de usufruir desse hábito tão peculiar de nossa região que seus antepassados vivenciaram e por omissão, desprezo, negligência e falta de políticas pública esse bem natural/cultural está sendo destruído.

CAPÍTULO 4 – CARTA SÍNTESE DE VULNERABILIDADES E POTENCIALIDADES DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO MARIANO

A Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano (MHIM) está localizada sobre o vetor da expansão urbana da cidade de Manaus que segue em direção à Zona Norte com forte pressão sobre sua área geográfica.

Essa forte pressão da expansão da cidade de Manaus em direção à Zona Norte ocorreu a partir da década de 2000, com a construção dos Conjuntos Habitacionais Nova Cidade e João Paulo II. Segundo Pereira da Costa e Oliveira (2007), totalizando 9.220 unidades fazendo com que ocorresse a interiorização desse quadrante Norte.

O bairro Lago Azul representa atualmente essa frente de expansão espraiando-se sobre a Rodovia AM-010 (Manaus – Itacoatiara) juntamente com o bairro Tarumã-Açu (Zona Norte/Oeste) que se estende pela Rodovia BR-174 (Manaus – Boa Vista). Desde 2021, o governo vem implementando serviço de reforma com modernização da rodovia AM-010 (Amazonas, 2021).

Em 2020, iniciaram as obras de recuperação e asfaltamento em diversos ramais que se encontram na microbacia do Mariano, somado a essas ações está à concretização do grande corredor urbano da Av. Governador José Lindoso que se estende pela área urbana em segmento pelo interior do Bairro Lago Azul até se conectar com a Rodovia AM-010. Esse conjunto de ações recentes de política pública do governo do estado vem acelerando o processo de ocupação na Zona de Expansão Urbana Tarumã-Açu, área onde se localiza a microbacia do Mariano.

Conforme Novo (2008), a bacia de drenagem independente da dimensão é unidade para estudo e planejamento. Assim, o estudo deste capítulo versa como medidas de apoio ao planejamento e gestão, a utilização de cartas temáticas que são excelentes instrumentos para se trabalhar na identificação e coletas de dados para entender os processos de transformações.

A análise do estudo sobre a microbacia do Mariano corresponde a um período de 15 anos com imagens de três datas diferentes objetivando entender os processos de transformações e as anomalias antrópicas que estão alterando as variáveis presentes na característica natural da área trabalhada. Conforme Florenzano (2008), para um estudo relacionado à expansão urbana, é importante selecionar imagens com registro de datas diferentes, no mínimo duas, uma antiga e outra mais recente.

Dessa forma, Com base nos cruzamentos das informações, associação e análise entre todos os dados, podemos verificar o cenário de uso e ocupação que vem se configurado na microbacia hidrográfica do Mariano.

4.1 DADOS MORFOGRÁFICOS E MORFOMÉTRICOS

Na análise temporal do uso da terra, estão envolvidos processos dinâmicos naturais e antrópicos que vão alterar as variáveis dos diferentes compartimentos da paisagem natural. Para entender como determinada área territorial vem se consolidando ao longo de um período temporal realizado por diferentes interesses, os parâmetros morfográficos (qualitativos) e morfométricos (quantitativos) permitem ampla compreensão do processo de transformação.

Conforme assinala Florenzano (2008), os dados morfométricos permitem caracterizar o relevo por meio de dados quantificados, relacionando a altura absoluta e a relativa, largura, comprimento, superfície, inclinação, curvatura, densidade e frequências de formas. Enquanto os dados morfográficos tratam da forma descritiva ou aparência do relevo.

É preciso conhecer as características próprias da bacia hidrográfica e um dos recursos utilizado é a morfometria e a descrição morfográfica que agrega vários parâmetros que vão servir como indicadores para avaliar o grau de suscetibilidade (Torres e Machado, 2012). Segundo os autores, utilizam-se os parâmetros que melhor expressam o entendimento sobre o que pode ocorrer em eventuais mudanças na bacia.

Intensidade e novos tipos de processos atuais como a supressão da vegetação, erosão transporte e sedimentação são as diferenças encontradas que estão relacionadas à morfometria e morfografia. Essas diferenças encontradas permitem por meio das geotecnologias expressarem a quantificação dos valores de alterações das várias classes estudadas, assim como, permitem conhecer os níveis de qualidade de apropriação do uso da terra.

A bacia hidrográfica apresenta variáveis que servem como parâmetros para indicar potencialidades ou fragilidades, proporcionando um melhor entendimento e auxiliando em possíveis ações de políticas públicas como as intervenções sobre a rede hidrográfica. Torres e Machado (2012) afirmam que é necessário conhecer as dinâmicas que atuam na rede hidrográfica para servir como parâmetros e direcionamento diante das intervenções sociais.

Toda e qualquer alteração recai diretamente sobre as variáveis existentes no ecossistema que reage de acordo com sua resiliência e, para Santiago (2019), a vulnerabilidade sempre existe em menor ou maior grau de fragilidade dentro de um determinado ambiente e responderá de acordo com o processo de mudança.

Seja qual for a forma de ocupação de um sistema hidrográfico, se for com base em gestão e planejamento, os impactos negativos podem existir, mas serão mitigados, do contrário, a intensidade vai influir de forma mais severa e negativa sobre a paisagem podendo atingir níveis intoleráveis e mudanças radicais em uma ou mais variáveis existentes.

Entender a dinâmica natural com suas variáveis que existem nos sistemas ambientais permite conhecer as fragilidades e potencialidades, visualizando as limitações mesmo em área de intensa ocupação (Santiago, 2019). Porém, a microbacia do Mariano, segundo o IBGE (2021c), corresponde a uma área de baixa ocupação se as informações obtidas forem consideradas, existe forte indício de um planejamento ambiental positivo na área.

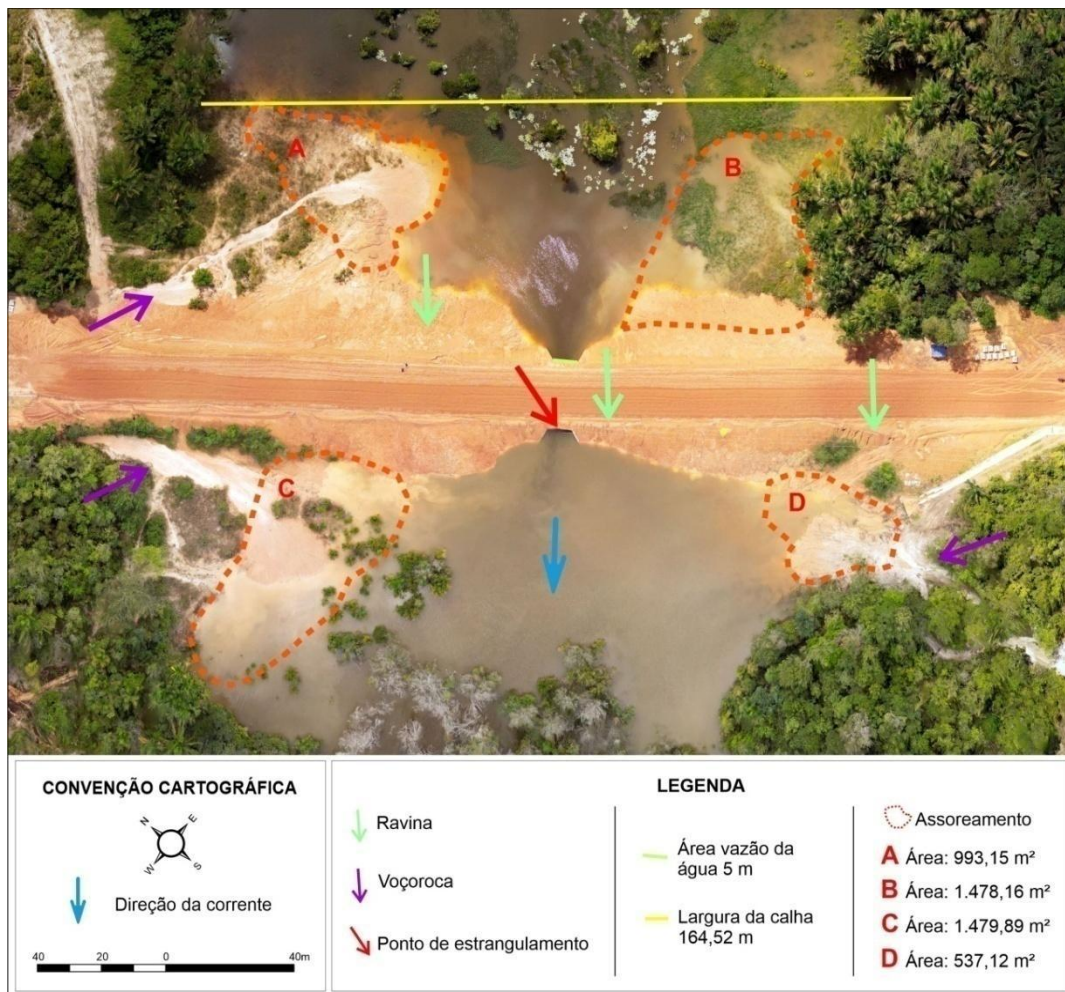
4.2 DADOS CARTOGRÁFICOS

Para iniciar o processo sistemático de investigação da área de estudo dentro da janela de temporalidade de 15 anos com as imagens de satélites, o uso da aerofotogrametria realizada com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) de asa rotativa foi importante instrumento que ajudou na compreensão e análise dos dados morfométricos e morfográficos.

Os voos fotogramétricos com ARP permitiram extrair informações atuais de áreas de difícil acesso ou como apoio no esclarecimento de dúvidas de determinados lugares impossibilitado de interpretação na imagem de satélite. A técnica fotogramétrica permite realizar um trabalho com melhor definição das formas, aplicar medições e interpretações com confiabilidade obtida a partir da fotografia (Mensurar Júnior, 2021).

As fotos registradas em baixa altitude e ângulos específicos da câmera como no plano da fotografia pela linha vertical permitiram visualização com riqueza de detalhe na descrição dos elementos e dos processos erosivos atuando sobre o relevo antropizado como em obras de construção de pontes sobre a calha do igarapé (Figura 40).

Figura 40 – Foto panorâmica em 90° (zênite) sobre o plano da fotografia pela linha vertical (ponto nadir) mostrando a intervenção no baixo curso do igarapé do Mariano com a construção da ponte com manilha de ferro.



Fonte: Roselito Carmelo (11/06/2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Coordenada Geográfica: 2°56'29,89" S e 60°3'5,34" O.

A foto registrada no baixo curso do Mariano mostra a barragem de terra sobre a planície de inundação para construção da ponte com duas manilhas de ferro de 2,5 m de diâmetro cada uma. A intervenção estrangulou (seta vermelha) a calha do igarapé que mede de uma margem a outra 164,52 m, e a vazão da água foi subdimensionada para 5 m.

No início da barragem de terra, em ambas as margens e sobre os dois flancos, ocorrem processos erosivos ativos, respectivamente voçorocas (setas lilás) e ravinas (setas verdes). Devidos os processos erosivos, no interior do curso d'água, ocorre assoreamento nas margens de diferentes mensurações (vetores poligonais A, B, C e D).

Segundo Ross (2014), das fotos aéreas, é possível extrair informações da morfologia com dados relativos a planícies, vertentes, topos, entre outros e se chegar a uma avaliação qualitativa do comportamento dinâmico do relevo.

As cartas temáticas e os dados geográficos da interface geomorfológica formado pelas diversas variáveis foram geoprocessadas no *software* ArcGIS 10.1 e ArcMap 10.8 permitindo suas associações e sobreposições dos dados quantificados em áreas e percentuais, formando um banco de dados que foram visualizados e analisados. Segundo Silva e Zaidan (2013), por meio do geoprocessamento, é possível transformar dados em informações destinados ao apoio e na tomada de decisão.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Variáveis morfométricas e morfográficas da MHIM

Entre as inúmeras variáveis existentes em um ecossistema hidrográfico, algumas foram trabalhadas na microbacia do Mariano para subsidiar como elementos de compreensão da paisagem natural fornecendo informações essenciais para o uso e sua ocupação.

A tabela 3 mostra uma síntese dos parâmetros com valores e características contidas nas variáveis (respectivos valores e característica morfométrica/morfográfica) encontrados na MHIM. Em seguida, cada valor e característica estão descritos de forma detalhado.

Tabela 3 – Variáveis e característica morfométricas e morfográficas encontradas na MHIM.

Parâmetros	Valores/Unidades
Área	70,123 km ²
Perímetro	57,97 km
Padrão de drenagem	Dendrítica
Ordenamento da drenagem/Hierarquia fluvial	3 ^a
Comprimento do canal principal	22,6 km
Declividade predominante do relevo	29,39km ² (41,92%)
Altitude máxima	130 m
Altitude mínima	11 m
Amplitude altimétrica	119 m
Relação de relevo/Declividade total	0,52%

Fonte: Roselito Carmelo (2023).

4.3.1.1 Área e perímetro

Toda bacia hidrográfica está delimitada por divisores de água ou divisores morfológicos. Corresponde a uma área na superfície terrestre comandada por um rio principal e seus diversos tributários seguindo para o exutório (Novo, 2008; Magalhães Júnior e Lopes, 2022; Barros e Magalhães Júnior, 2022).

Nesse contexto, a MHIM integra o arcabouço de sistema hidrográfico da bacia do Tarumã-Açu pela margem esquerda formada por uma zona de captação na ordem de 70,123 km², representa um poligonal que determina o valor do seu perímetro em 57,97 km sobre os divisores de água. Apesar de sua baixa densidade demográfica conforme a malha de setores censitários (IBGE, 2021a), porém, com potencial de aumentar rapidamente, tendo em vista ser esse espaço de expansão da zona urbana de Manaus, perfaz uma unidade hidrográfica em franco dinamismo dentro da zona de expansão urbana.

Conforma a “Lei das Águas” Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, essa unidade paisagística hidrográfica deve ser planejada territorialmente afim de que não perca seus componentes potenciais para a degradação. Bacias hidrográficas devem ser tratadas como unidade básica de estudo com integração da gestão dos recursos hídricos e ambiental (Carvalho, 2020).

É essencial que o poder público como gestor dos componentes geográficos sigam suas ações de acordo com o que determina a lei das águas e outras legislações pertinentes, visto que a área de 70,123 km² ainda é de baixa ocupação, entretanto demonstra uso significativo e diverso. Nas três divisões que compõem o alto, o médio e o baixo curso existem cicatrizes deixadas pela exploração de areia onde várias minas foram abandonadas sem recuperação. Isso pode ser uma demonstração da falta de fiscalização ou fragilidade da lei, além de ocupações irregulares.

4.3.1.2 Padrão de drenagem

Essa variável da disposição dos canais em sua área de abrangência é distinta e, segundo Christopherson (2012), representa as características climáticas e geológicas do lugar. O autor afirma que a mais comum é o padrão de drenagem dendrítica ou arborescente e a ramificação dos canais minimiza o fluxo de energia.

Christofolletti (1980) explica que:

Da mesma maneira como as árvores, os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, e se unem formando ângulos agudos de graduação variadas, mas sem chegar nunca ao ângulo reto (Christofolletti, 1980, p. 103).

No entanto, ângulos retos nas confluências em padrão dendrítico constituem-se anomalias devido ao tectonismo e se desenvolve em estrutura sedimentar horizontais Christofolletti (1980). Stevaux e Latrubesse (2017) explicam que fatores geológicos determinam condições ao fluxo apresentando fluxos com ângulos retos ou obtusos e mudanças abruptas na direção dos canais.

Neste sentido, o padrão de drenagem permite um estudo qualitativo da estrutura da rede de drenagem e, de acordo com seu arranjo espacial da distribuição de seus afluentes e subafluentes a microbacia do Mariano, apesar de apresentar anomalias com ângulos retos (90°) e obtusos ($>90^\circ$) em alguns afluentes, apresenta padrão de drenagem dendrítica ou arborescente com ângulos agudos ($<90^\circ$) predominantes na rede hidrográfica (ver figura abaixo - mapa classificação hierárquica).

4.3.1.3 Ordenamento da drenagem (hierarquia fluvial)

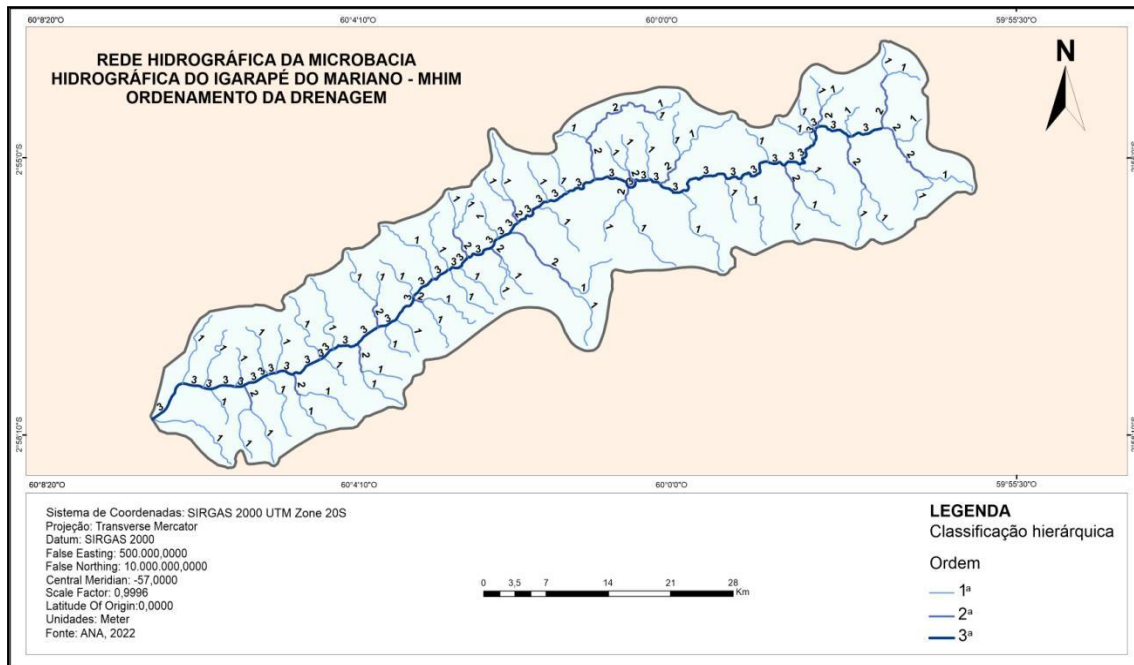
Cinco zonas de exfiltração (1ª ordem) dispersas nos quadrantes Norte, Leste e Sul na área da cabeceira dão origem a duas drenagens de 2ª ordem que, ao se juntarem no fundo do vale, formam o canal principal da rede de drenagem da microbacia. Com base na proposta de Strahler (1957), a rede de drenagem do Mariano apresenta sua calha principal desde o alto curso próximo a cabeceira, um curso d'água classificado hierarquicamente como de 3ª ordem (Figura 41).

O parâmetro de classificação hierárquica ou ordenamento da drenagem é de fundamental importância quando da aplicação de medidas mitigadoras objetivando implementação de obras em projetos de revitalização de canal. Neste caso, para a recuperação do curso d'água, é preciso visualizar a rede de drenagem avaliando o panorama da hierarquia fluvial, seu nível de sequência de canais e a interconectividade.

Todo sistema hidrográfico tem seu dinamismo natural de entrada e saída de água (Press *et al.*, 2006). A água que entra no sistema percorre a rede de drenagem seguindo a hierarquia fluvial em direção à foz independente do estado de alteração. Dessa forma, em rede de drenagem impactada, será possível entender o ponto detonador inicial da

degradação (“*hotspot*”), identificar os diversos graus de alterações sobre os fatores bióticos e abióticos e agir adequadamente com medidas mitigadoras a partir desse ponto sequencialmente em direção à foz.

Figura 41 – Classificação hierárquica (ordenamento da drenagem) da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

Ações que são realizadas sobre os cursos d’água independente da dimensão da rede de drenagem sem considerar as variáveis existentes, possivelmente, tenderão a erros e mais desperdícios de recursos financeiros público e menos benefício socioambiental.

Medidas como a ação realizada pelo Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (Prosamim), ocorrido entre 2006 e 2021, sobre a bacia do Educandos e do São Raimundo, ocorreram com ações pontuais fora da área inicial de perturbação com resultados até interessantes sem que efetivamente recuperasse a qualidade do ecossistema hidrográfico, como proposto inicialmente pelo programa.

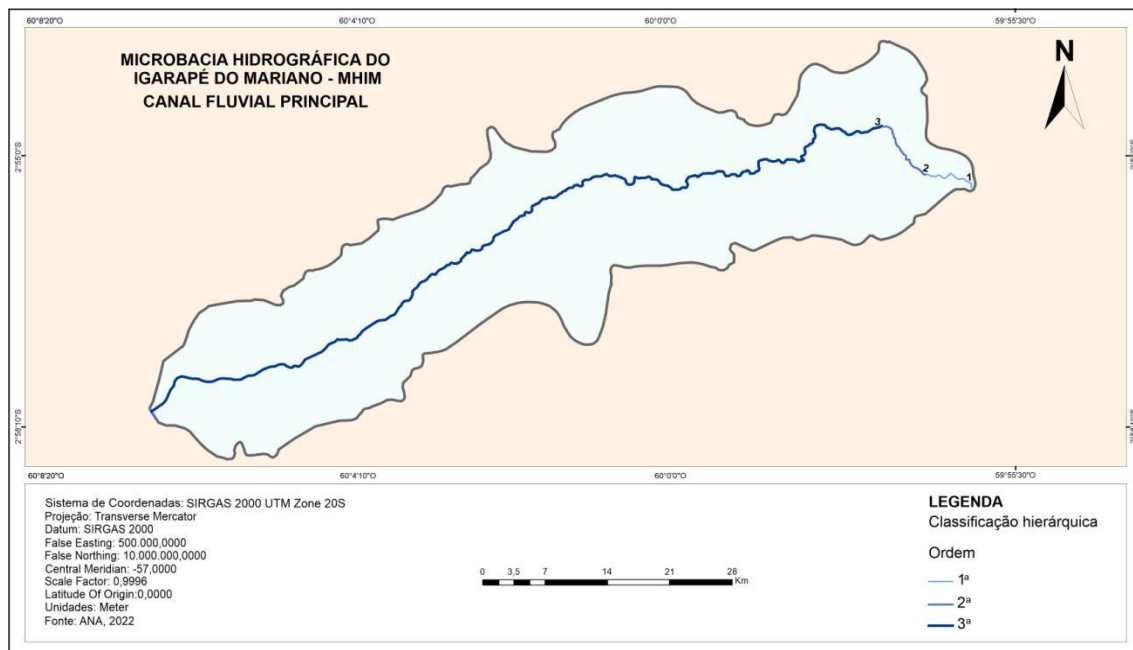
4.3.1.4 Comprimento do canal principal

O comprimento do canal principal é uma variável na rede de drenagem que identifica o rio principal que drena a maior extensão da bacia e subsidia como suporte o

estabelecimento do gradiente ao traçar o perfil longitudinal do curso (Torres e Machado, 2012).

A variável do canal principal além de identificar o gradiente, possibilita determinar a zona de exfiltração (nascente) e o curso de primeira ordem que complementa o canal principal. De forma alongada no sentido Leste/Sudoeste (nascente à foz) o igarapé tem 22,6 km de extensão (Figura 42).

Figura 42 – Canal fluvial principal da MHIM estendendo-se no sentido Leste/Sudoeste com a zona principal de exfiltração mostrando as três sequências da hierarquia fluvial.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

Essa variável é um fator importante como indicador para as medidas de gestão e planejamento por parte do poder público com a criação de áreas protegidas visando à sustentabilidade por meio da conservação e preservação da nascente. Sendo a nascente principal e mantida dentro da área protegida com fiscalização eficiente, tem-se a garantia de que o sistema hidrográfico não entre em colapso.

Conforme dados da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semmas), as principais funções das áreas protegidas são garantir a sobrevivência das plantas e animais, permitir a regulação do clima, ser fonte permanente de abastecimentos de água aos mananciais, prestar serviço ambiental e promover a qualidade de vida da população por meio da educação ambiental e pesquisa (Manaus, 2023).

Enfatiza-se, conforme a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) Lei Nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, inciso III que serviços ambientais são: atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos (Câmara dos Deputados, 2021). Neste caso, os responsáveis são os provedores (seres humanos) e a estes provedores atribui-se o pagamento por serviços ambientais na forma financeira ou outras condições de remuneração.

Ao contrário, os serviços ecossistêmicos, que se caracterizam em fluxo de energia e matéria, compõem o capital natural de bens renováveis e não renováveis e vai beneficiar o ser humano de forma direta ou indireta, representando parte do valor econômico total do planeta (Costanza *et al.*, 1997). Corroboram dessa assertiva Costanza *et al.* (2014) e enfatizam que os serviços ecossistêmicos são ativos naturais críticos da riqueza inclusiva para atender o bem-estar humano, com a objetividade maior de ser sustentável.

Entre outras interpretações, Notte *et al.* (2017) concordam que o serviço ecossistêmico fornece bem-estar ao ser humano, porém afirmam que é preciso levar em consideração a conexão hidrosfera e litosfera, componentes bióticos e abióticos, são interações ecossistêmicas que produzem benefícios (ativos) e serviços (fluxos finais), em uma consistência estruturada em cascata.

Na recente lei da PNPSA, os serviços ecossistêmicos trazem benefícios importantes para a sociedade na dimensão de quatro serviços: provisão, suporte, regulação e culturais. Esses serviços ofertados pelos ecossistemas não são individualizados e sim conexos com efeitos sinérgicos aos processos de transformações.

Como exemplo de proteção para manter a unidade funcional do ecossistema, uma das áreas protegidas sob a tutela da Semmas é o Parque Nascente do Mindu, criado por meio do decreto municipal nº 8.351/2006. De acordo com essa secretaria ambiental, a área de proteção é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral objetivando proteger as três nascentes principais do igarapé do Mindu no interior da área urbana.

Essa é uma ação que deve ser pensada e implementada na cabeceira do igarapé do Mariano de forma urgente, porque, no atual cenário, a área já se encontra em vulnerabilidade devido estar sendo loteada e o empreendimento que administra a venda dos lotes encontra-se com vários passivos ambientais (ver capítulo 3). Apesar de o Ministério Público Federal em 2022 ter entrado com uma Ação Civil Pública com

pedido de Tutela de Urgência, o empreendimento continua em andamento com várias ruas asfaltadas que se irradiam pela área da cabeceira da microbacia.

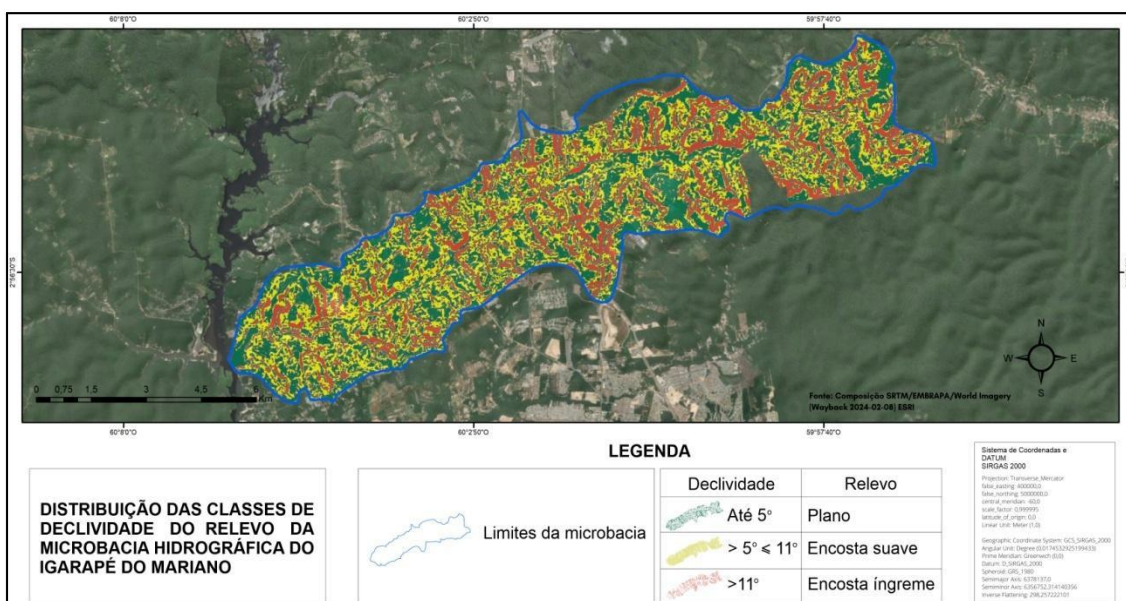
Nessa situação, pode-se dizer que, se o poder público não se fizer presente e agir com os rigores da lei, a degradação mais uma vez se antecipa, e o ecossistema hidrográfico perderá as condições naturais bióticas e abióticas presentes no local.

4.3.1.5 Declividade predominante do relevo

O parâmetro da declividade predominante identifica no interior da bacia hidrográfica o grau de declividade do relevo indicando o nível de suscetibilidade à erosão. Conforme Torres e Machado (2012), valores altos da declividade mostram uma bacia com maior vulnerabilidade de erosão em decorrência do escoamento superficial.

As três classes da distribuição da declividade do relevo em (1) – Plano: corresponde a declividades máximas de 5° , (2) – Encosta Suave: entre o limite superior do relevo plano (5°) e o limite inferior da encosta íngreme (11°) e (3) – Encosta Íngreme declividade acima de 11° , são, respectivamente, vista a seguir no mapa das classes de declividade da MHIM (Figura 43), e os valores correspondentes à área e percentual (Tabela 4).

Figura 43 – Mapa de distribuição das classes de declividade do relevo da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) em colaboração com ARAÚJO, C. S.

Tabela 4 – Classe de relevo suscetível a erosão identificada por área e valor percentual encontrados na MHIM.

Classe	Declividade	Relevo	Suscetibilidade à erosão	Área (km ²)	(%)
1	Até 5°	Plano	Baixa	22,20	31,63%
2	>5° ≤ 11°	Encosta suave	Média	29,39	41,92
3	>11°	Encosta íngreme	Alta	14,10	20,08
		Área não estudada		4,44	6,35

Fonte: Roselito Carmelo (2023) organizado a partir da Cartografia Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão e da Zona de Baixa Ocupação da Cidade de Manaus - AM (SGB/CPRM, 2019).

As áreas não estudadas como na parte inferior da bacia correspondente ao limite da Reserva Adolpho Ducke, segundo o SGB/CPRM (2019, p. 8), “Não houve estudos dentro da Reserva Florestal, devido à mesma representar uma área protegida dentro da zona de expansão, sem possibilidades legais de ocupação”. Na porção superior, alguns trechos da Carta Geotécnica não coincidiram com o recorte da microbacia das bases vetoriais obtidas da ANA (2017).

A primeira classe com declividade de até 5° do relevo com perfil plano representa a segunda maior área no interior da microbacia com 22,20 km², isso corresponde a 31,63% do espaço. São unidades que devem ser manejadas adequadamente para evitar processos erosivos. O SGB/CPRM (2019) indica como favorável a baixa, média e alta potencialidade a urbanização desde que sejam fora de áreas a movimentos de massa como as bordas de áreas de encosta.

Nessas unidades do terreno com amplitude altimétricas que chegam a 60 m com substrato coeso (mais de 50% de material fino) e arenoso (textura granular com areia acima de 50%) SGB/CPRM (2019), incluem as planícies aluvionares acompanhando o curso do igarapé coberto com a vegetação ciliar com amplitude de 10 m. São áreas extremamente vulneráveis a enchentes.

A planície aluvionar (planície de inundação) que margeia o curso d’água, apesar de apresentar declividade abaixo de 5° é composta em sua textura por sedimentos recentes entre 40% a 80% de material arenoso, como estão sujeitas a inundação nas cheias e em episódios de chuvas intensas é um setor vulnerável aos processos erosivos e recorrentes nas margens dos igarapés (SGB/CPRM, 2019).

Esse setor natural que protege o igarapé dos processos erosivos e assoreamento do canal de drenagem deve permanecer na medida do possível sem alterações desde o alto curso até a foz para resguardar o equilíbrio do ecossistema hidrográfico, portanto,

não recomendável sua ocupação tendo em vista que o Novo Código Florestal Lei N° 12.651, de 2012, artigo 4° recomenda manter a proteção da vegetação de APP em zonas rurais ou urbanas (Quadro 11).

Quadro 11 - Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:	
Alíneas	Descrição
a)	30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
b)	50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
c)	100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
d)	200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
e)	500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Fonte: Roselito Carmelo (2023) organizado a partir do Novo Código Florestal Lei N° 12.651, de 2012.

A segunda classe com encosta suave com média suscetibilidade à erosão corresponde, segundo a SGB/CPRM (2019), aos terrenos com declividades entre 5° e 11° apresenta amplitude de 40 m, com substrato coeso fino (argila e silte acima de 50%) e arenoso (areia granular acima de 50%). Essa classe predomina entre as unidades com maior parcela da área na microbacia com 29,39 km², representando um índice elevado de 41,92%.

Apesar da potencialidade baixa, média e alta aptidão ao parcelamento urbano é a unidade do terreno que deve ser ocupada com restrições respeitando os limites geotécnicos do terreno SGB/CPRM (2019). Em áreas com textura acima de 95% de material arenoso, não realizar o parcelamento.

As encostas íngremes com alta suscetibilidade à erosão é a terceira menor classe de representatividade espacial em torno de 14,10 km², o que representa 20,08% de área. São unidades do terreno altamente suscetível aos processos erosivos por apresentar declividade acima de 11°. Seguem distribuídas na microbacia seccionadas pelos afluentes e subafluentes com maior concentração entre o alto e médio curso da microbacia.

Nos trabalhos realizados pelo SGB/CPRM (2019), essa unidade apresenta característica física com amplitude altimétrica de até 40 m, suscetibilidade média a alta a erosão e movimento de massa. As áreas com textura coesa são recomendadas à baixa e média ocupação e as com textura granular não recomendadas à urbanização. Nessas

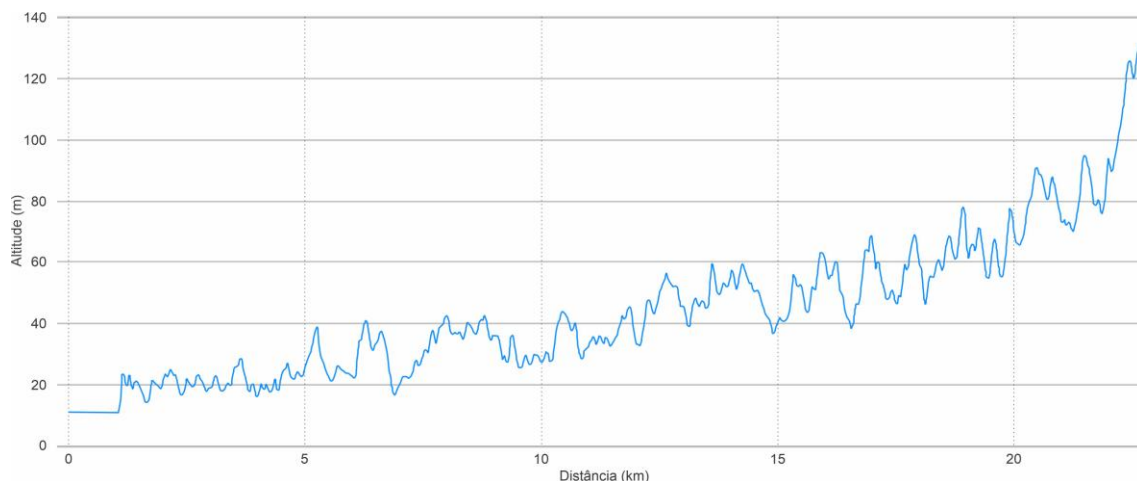
áreas de maior elevação são encontradas a maioria das nascentes e devem ser preservadas evitando sua ocupação.

4.3.1.6 *Altitude máxima, altitude mínima, amplitude altimétrica, relação de relevo/declividade total*

Essas variáveis, segundo Press et al. (2006), servem para entender os pontos de erosão e sedimentação ao longo do canal. Nas partes mais altas ocorre predomínio de erosão e nas partes baixas é significativa a sedimentação (deposição). Para os autores, todos os cursos d'água apresentam sempre o mesmo perfil longitudinal com concavidade para cima com áreas íngremes próximas à cabeceira (zona alta) e baixa quase plana nas proximidades da foz.

O perfil longitudinal (Figura 44) de um curso d'água demonstra a relação altimétrica e seu comprimento denominado como gradiente em que mostra a situação de equilíbrio entre erosão, transporte e deposição (Cunha, 2003; Novo, 2008). Os autores corroboram que o equilíbrio pode ser alterado pela ação humana na seção transversal do curso.

Figura 44 – Perfil longitudinal ou índice de gradiente da MHIM indicando no ponto mais alto (130 m) a principal nascente e junto à foz a menor altitude (11 m) ao desaguar no rio Tarumã-Açu.

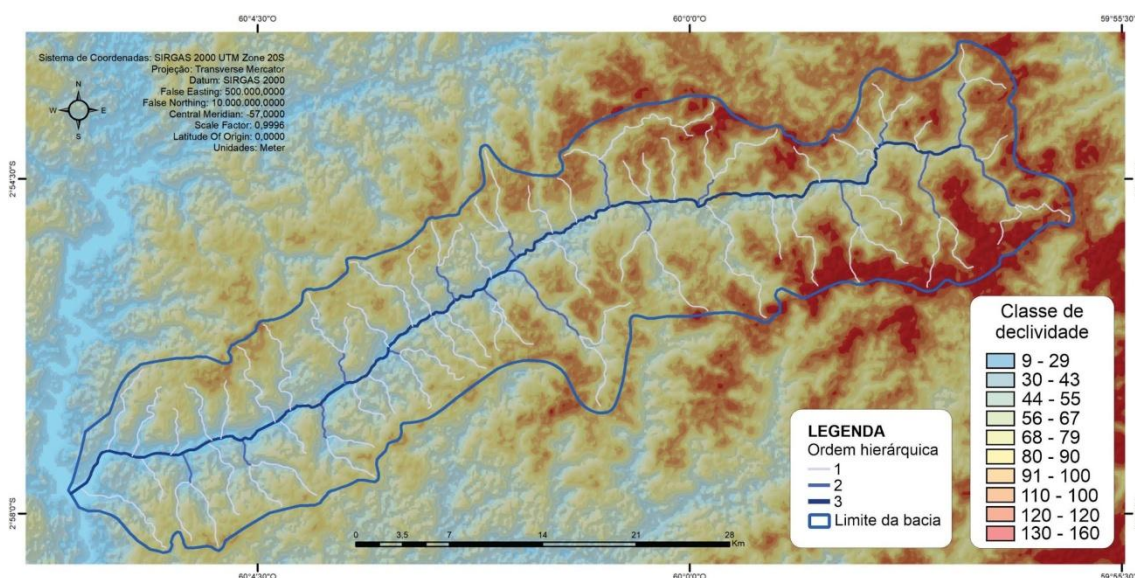


Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

O índice de gradiente (taxa de elevação da nascente à foz) do Mariano em relação ao nível de base apresenta altitude máxima na cabeceira 130 m, junto à foz altitude mínima de 11 m, amplitude altimétrica de 119 m e relação de relevo/declividade total 0,52%.

O mapa hipsométrico com a representação gráfica da variação das classes de altitude (dados morfométricos) complementa o entendimento visual do perfil longitudinal visto que caracteriza a distribuição do relevo permitindo a análise descritiva (morfográfica) e torna-se um instrumento tanto de dados quantitativos como qualitativos (Figura 45).

Figura 45 - Mapa Hipsométrico (elevação) da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de ARAÚJO, C. S.

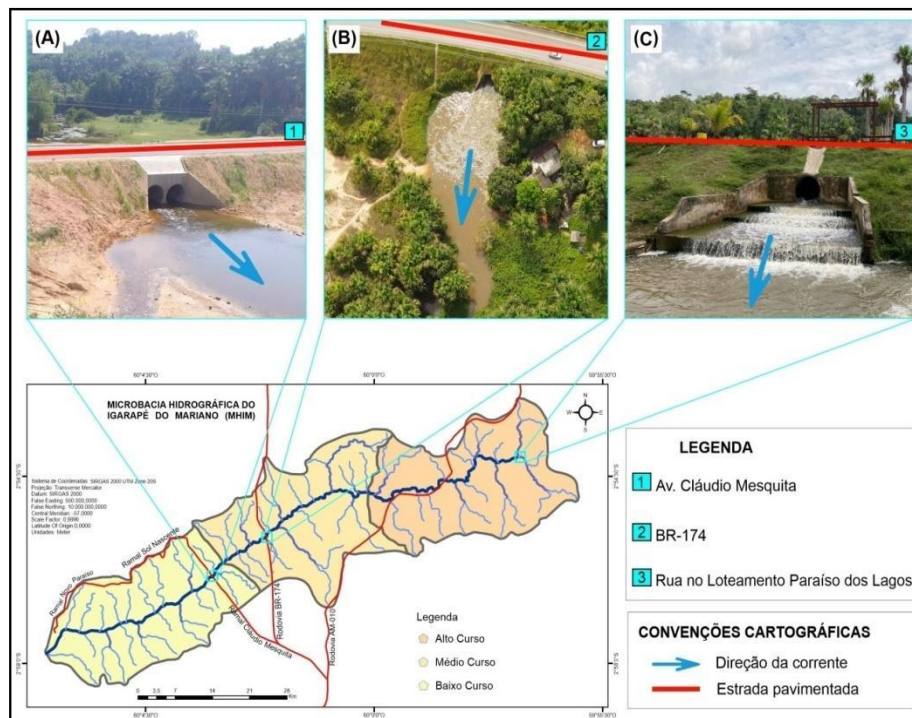
Florenzano (2008) explica que os processos erosivos atuais estão fortemente relacionados com a morfometria e a morfografia. Neste sentido, o padrão de forma do relevo como os morrotes (amplitude entre 20 e 60 m) com topos arredondados descritos pela autora são presentes na microbacia do Mariano e devem ser levados em consideração no planejamento para uso e ocupação da terra.

Essas variáveis associadas à divisão da microbacia em alto, médio e baixo curso, permitem entender sobre as intervenções que ocorrem ao longo do curso d'água que podem alterar o perfil longitudinal e o processo de erosão, transporte e sedimentação.

Desde o alto curso até a última intervenção com a construção da ponte na Av. Claudio Mesquita (primeiro semestre de 2023), localizada próxima ao início do baixo curso, formam uma sucessão de estreitamento da calha e estrangulamento da corrente ocasionando no perfil longitudinal, em cada intervenção, a montante elevação do nível de base e sedimentação, e a jusante erosão e aprofundamento da calha (Figura 46). As interrupções abruptas causam mudanças de gradiente no perfil longitudinal como a

formação de queda d'água, esse ponto de interrupção é um *knickpoint* (Christopherson, 2012).

Figura 46 – Intervenções para construção de ponte com formação de queda d'água na saída do vertedor formando um ponto crítico (*knickpoint*) ocasionando erosão e aprofundamento no canal. (A) baixo curso, (B) médio curso e (C) alto curso.



Fonte: (A) Colaboração Renato, (07/10/2023). Coordenada Geográfica: 2°56'22.1" S e 60°3'13.7" O;
 (B) Colaboração ARAÚJO, C. S., (20/05/2022). Coordenada Geográfica: 2°55'41.6" S e 60°2'10,7" O;
 (C) Roselito Carmelo, (26/01/2023). Coordenada Geográfica: 2°54'07.9" S e 59°57'11.2" O.

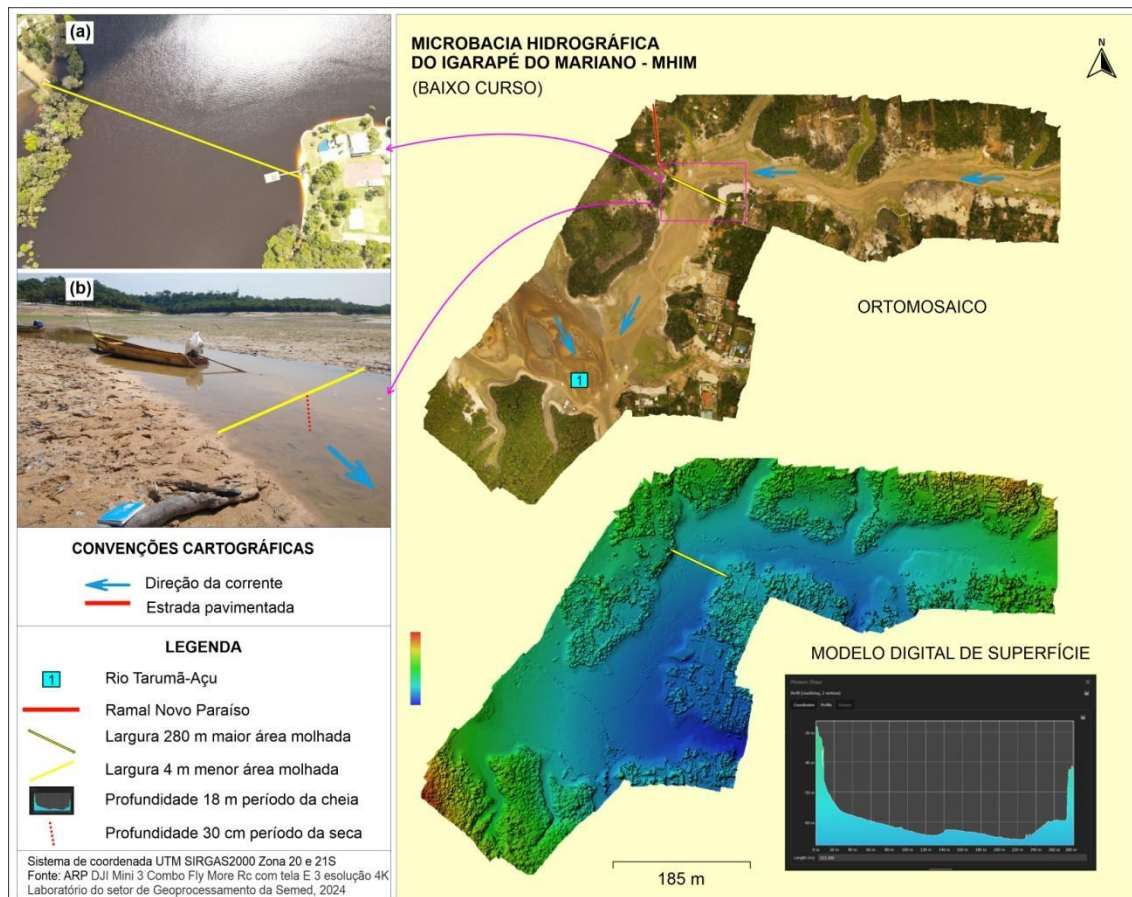
Com a elaboração do ortomosaico e o Modelo Digital de Superfície (MDS), a partir de informações adquiridas em campo no dia 24 de maio de 2022 e 07 e 23 de outubro de 2023 e com voos fotogramétricos realizados com a ARP foram realizados dados morfométricos e análises morfográficas dos atributos que formam o ecossistema hidrográfico no baixo curso próximo a foz do Mariano (Figura 47).

A cena registra o comportamento durante o episódio da seca severa ocasionado pelos efeitos El Niño sobre a região Amazônica em 2023. O ortomosaico mostra o perfil do fundo da calha com as barras de sedimentos estiradas seguindo o contorno dos meandros e o talvegue até a foz no encontro com a calha do rio Tarumã-Açu.

O ortomosaico e o MDS complementam as informações entre si das mudanças na APP, onde é notório que a margem direita se apresenta mais preservada que a margem esquerda com linhas de vegetação sobre partes da planície de inundação. Em

contraposição, no MDS verifica-se em partes da margem esquerda solo nu sem proteção da vegetação.

Figura 47 – Ortomosaico e o Modelo Digital de Superfície do baixo curso do Mariano com a foz desaguando no rio Tarumã-Açu no período de seca severa no Amazonas sob a atuação do El Niño em 2023.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de ARAÚJO, C. S. Foto (a) registrada em 24/05/22. Foto (b) registrada 07/10/2023. Coordenada Geográfica: 2°57'24.84'' S e 60°6'7.89'' O.

Com base nas medidas em campo e com a comprovação dos dados do MDS, no ponto onde foi mensurada a largura do curso a partir da marcação da maior área molhada no período de cheia (foto (a) registrou 280 metros e profundidade de 18 m). Com medida realizada na linha do talvegue, a coluna d'água no período de seca registrou aproximadamente 30 cm de profundidade e largura média em torno de 4 m (foto b).

Esses dados podem servir de parâmetros para monitoramento em trabalhos futuros sobre o processo de assoreamento acelerado que poderá ocorrer na calha do curso d'água com a intensidade de ocupação sem planejamento na microbacia, principalmente associado aos eventos severos de secas e cheias na região.

Com a atuação mais intensa do El Niño, a seca foi mais severa sobre as calhas dos rios Solimões/Amazonas modificando a característica da massa d'água com reflexos sobre as médias, pequenas e microbacias hidrográficas que ficaram com as cabeceiras desabastecidas devido à diminuição das chuvas que reduziu drasticamente a vazão. É um processo de seca severa e anomalias negativas impactando no volume de chuva na região SGB/CPRM (2024).

4.3.2 Transformação espacial da microbacia

4.3.2.1 Análise temporal do uso múltiplo da terra entre 2007, 2015 e 2022

Os três mapas configuram o quadro de transformação da microbacia do Mariano dentro da janela temporal de 15 anos. Baseada nas análises das seis classes de uso e ocupação da terra, cujos diferentes interesses que se processaram ao longo desse período, podem-se constatar o que vem ocorrendo no interior do seu espaço físico conforme segue o avanço da expansão do sítio urbano de Manaus.

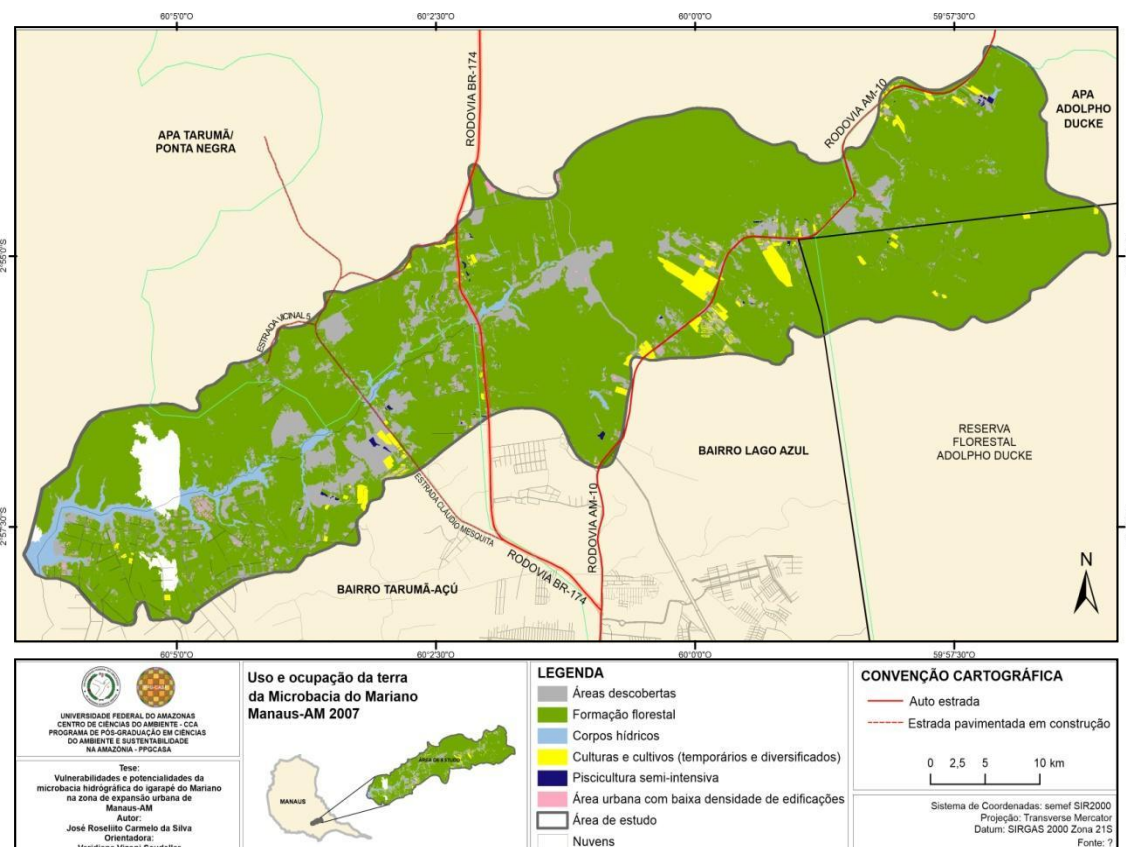
Esses processos de transformações que vêm configurando a microbacia têm por base os estudos de Tricar (1977), que visualiza sobre o cenário da morfodinâmico o ambiente estável para áreas onde impera os princípios naturais (potencialidades), intergrade abarca as mudanças decorrentes da apropriação do ambiente em equilíbrio e fortemente instáveis desequilíbrio ou instabilidade (vulnerabilidades).

4.3.2.2 Uso e ocupação da terra no ano de 2007

A formação florestal nesse período de 2007, conforme visto no mapa (Figura 48), recobre a microbacia com predomínio em toda sua extensão mostrando, em primeiro plano, que as potencialidades das áreas estáveis da vegetação são fatores de proteção sobre as formas do relevo.

No processo de transformação pela ação antrópica como as áreas de cultura temporária, expressa a dinâmica intergrade de equilíbrio pelo fato do solo não ficar completamente desprotegido em contraste com a piscicultura semi-intensiva, áreas urbanas de baixa densidade, corpos hídricos e áreas descobertas como as minas abandonadas de exploração de areia onde processos morfodinâmicos atuantes sobre a superfície do relevo mudam a paisagem por ação dos agentes exógenos.

Figura 48 – Mapa de identificação das classes de uso e ocupação da terra da MHIM no ano de 2007.



Fonte: Roselito Carmelo (2023) com a colaboração de SILVA, G. S.

A tabela 5 mostra o predomínio das áreas preservadas com 82,67% considerando as representadas pela formação florestal da vegetação de fisionomia de floresta ombrófila densa, associada à campinarana, a vegetação ciliar correspondente as Áreas de Proteção Ambiental (APP) geralmente formada em grande parte por buritizal (*Mauritia flexuosa* L.f.), ocupando a planície de inundação (área encharcada) e zona de vegetação secundária, perfazendo um total de 57,973 km².

Dentre as áreas modificadas pela ação antrópica, destacam-se as áreas descoberta como a segunda maior parcela que se apresenta degradada no ecossistema hidrográfico, seguida das demais classes corpos hídricos, cultura e cultivos (temporário e diversificado), a piscicultura semi-intensiva e a área urbana com baixa densidade de edificações somando no interior da microbacia 10,943 km² o que corresponde a 15,61%. O percentual de 1,72% ou 1,207 km² corresponde na imagem área de cobertura de nuvens não estudada, são valores muito baixos que não compromete a área de estudo.

Tabela 5 – Quantificação das classes de uso e ocupação da terra na MHIM para o ano de 2007.

Classe de uso e ocupação da terra	Área (km²)	(%)
Formação Florestal	57,973	82,67
Áreas descobertas	7,493	10,69
Corpos hídricos	1,745	2,49
Culturas e cultivos (temporários e diversificados)	1,220	1,74
Piscicultura semi-intensiva	0,094	0,13
Área urbana com baixa densidade de edificações	0,391	0,56
Nuvens	1,207	1,72
Área total	70,123	100

Fonte: Roselito Carmelo (2023).

4.3.2.3 *Uso e ocupação da terra no ano de 2015*

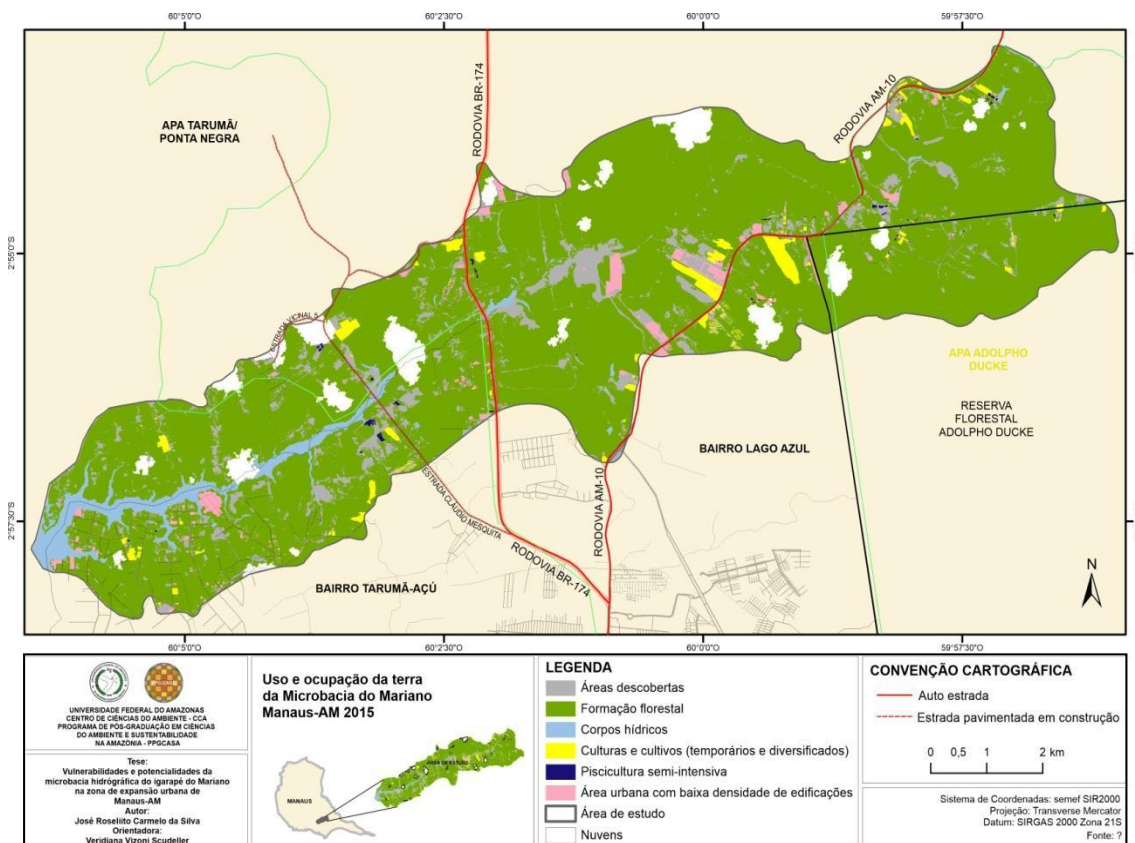
Apesar da aparente semelhança ao mapa de 2007, nesse período de tempo decorrido oito anos, o mapa de 2015 (Figura 49) mostra predomínio da cor verde, porém ocorreu diminuição nesse período da classe formação florestal, isso também se aplica para as áreas descobertas. As classes corpos hídricos, culturas e cultivos (temporários e diversificados), piscicultura semi-intensiva e área urbana com baixa densidade de edificações aumentaram suas áreas (Tabela 6).

Em 2007, a classe formação florestal representava 57,973 km² equivalente 82,67% da área total da microbacia, essa área diminuiu no ano de 2015 para 56,124 km² equivalente a 80,04%. Logo em seguida vem a classe áreas descobertas que no ano de 2007 detinha uma área de 7,493 km² correspondia a 10,69% da área total e em 2015 diminuiu para 5,900 km² ou 8,41%.

A classe corpos hídricos em 2007 representava uma área física de 1,745 km² e isso correspondia a 2,49% da área da microbacia, em 2015 essa área aumentou para 2,191 km² equivalente a 3,12%. Essa mesma situação de aumento aconteceu com a classe culturas e cultivos (temporários e diversificados), visto que em 2007 correspondia a 1,220 km² ou 1,74% de área agricultável e se estendeu de forma ínfima para 1,251 km² o que representou 1,78% da área total em 2015.

Ocorreu também aumento na classe piscicultura semi-intensiva. Entre todas as classes essa corresponde à menor área na microbacia com 0,094 km² e apenas 0,13% registrado em 2007, essa dimensão se elevou em 2015 para 0,098 km² ou 0,14%.

Figura 49 – Mapa de identificação das classes de uso e ocupação da terra da MHIM no ano de 2015.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de SILVA, G. S.

Tabela 6 - Dados comparativos por classe de uso e ocupação da terra de 2007 em relação a 2015 na MHIM.

Classe de uso e ocupação da terra	2007		2015		Resultado		D/A
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	
Formação Florestal	57,973	82,67	56,124	80,04	1,849	3,29	D↓
Áreas descobertas	7,493	10,69	5,900	8,41	1,594	27,02	D↓
Corpos hídricos	1,745	2,49	2,191	3,12	0,446	20,36	A↑
Culturas e cultivos (temporários e diversificados)	1,220	1,74	1,251	1,78	0,030	2,48	A↑
Piscicultura semi-intensiva	0,094	0,13	0,098	0,14	0,004	4,08	A↑
Área urbana com baixa densidade de edificações	0,391	0,56	1,471	2,1	1,080	73,42	A↑
*Nuvens	1,207	1,72	3,089	4,4	1,882	60,93%	A↑
Área total	70,123	100	70,123	100			

Fonte: Roselito Carmelo (2024).

Legenda: A = Aumentou, D = Diminuiu.

* Área não estudada

Da mesma forma ocorreu na classe área urbana com baixa densidade de edificações, sendo que entre as classes que aumentaram, esse setor foi o que mais

expandiu sua área. Em 2007, computava 0,391 km² de área total e representava 0,56%, em 2015 registrou aumento de 1,471 km² ou 2,1% da área.

Apesar da diminuição da área em 1,849 km², o que correspondeu a 3,29% de redução a classe formação florestal predomina na microbacia entre todas as outras classes. A classe das áreas descobertas também diminuiu espaço físico, ocupando 1,594 km². Essa redução a uma taxa percentual elevada, representou um déficit de 27,02% em 2015.

Esse cenário configurado em 2015 pode estar relacionado com a classe área urbana com baixa densidade de edificações. Essa área teve um aumento territorial de 1,080 km² e representou uma elevada taxa de 73,42% de expansão dessa classe. Pode-se atribuir esse aumento, em 2015, o reflexo da pressão da expansão urbana sobre a microbacia, com a construção de residências e empreendimentos diversificados. No entanto, ocorreu aumento de nuvens nesse período cobrindo uma área de 3,089 km² ou 4,4% de aumento e pode ter influenciando na maior precisão dos valores sobre as classes que diminuíram.

Na classe corpo hídrico, em 2015, ocorreu um acréscimo de área de 0,446 km². Esse aumento representou uma taxa de 20,36% de massa líquida. Esse resultado pode estar relacionado às intervenções que subdimensionam a fluidez da corrente na calha principal e em alguns afluentes da rede hidrográfica. Essa situação é observada no alto e médio curso onde a geomorfologia fluvial tem altimetria mais elevada, os canais são mais estreitos entre as margens e a coluna d'água é rasa.

São no geral obras sem normas técnicas com a construção de barragens com fixação de manilhas de concretos em torno de 60, 80 cm ou 1 metro de diâmetro no meio do canal que confina a montante grande volume de água. Para formação de área de lazer (balneário), torna-se mais permanente sendo controlado por vertedores (sangradouros) e em pontes improvisadas em ramais de acesso geralmente a mina de exploração de areia clandestina, o escoamento torna-se mais lento e a água fica por maior período de tempo. Esse subdimensionamento cria no curso d'água segundo Christopherson (2012) ponto crítico (*knickpoint*) com potencial área de alagação.

O assoreamento também contribui para esse cenário com a deposição do solo no fundo do canal o que eleva a calha e, conseqüentemente a coluna de água se esparrama em direção às margens alagando áreas em períodos mais prolongados. A água com baixa deficiência de escoamento devido ao acúmulo de sedimentos em excesso pode atingir até os terraços fluviais antigos correspondentes ao leito maior (IPT/SGB, 2014).

Esses fatores evidenciam o processo de transformação antrópica e degradação no igarapé do Mariano.

Apesar de representar o mais baixo percentual de aumento entre as classes que expandiram suas áreas, a classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) aumentou de área em 0,030 km² que correspondeu a 2,48% de aumento. Essa classe pode ter se expandido sobre algumas áreas descobertas e sobre a floresta no alto curso próximo a margem da AM-010 e no interior da microbacia, a mesma situação ocorreu no interior do médio curso.

No baixo curso, algumas áreas reduziram cedendo lugar à vegetação e aumentaram em outras suprimindo a floresta. Esse cenário ficou mais concentrado na margem esquerda do igarapé no vetor da área urbana. Essa concentração pode ser explicada pelo fato dessa grande área pertencer ao Bairro do Tarumã-Açu e dispõe de melhor infraestrutura de vias e ramais asfaltados e isso facilita o escoamento da produção para o mercado consumidor.

A classe piscicultura semi-intensiva foi a que teve o quarto aumento de área com 0,004 km² equivalente a 4,08% de acréscimo. Essa atividade em 2007 aparece no alto curso junto à área da cabeceira da microbacia associado a balneário em afluente represado, em 2015 aparece em tanques escavados em antigas minas de areia abandonadas e em área onde prevalecia a floresta primária próxima a AM-010 e interior da microbacia.

No baixo curso aparece de forma isolada na margem direita próximo à borda da microbacia e em um afluente represado associado a balneário na margem do canal principal. Porém, aparece mais concentrado na margem esquerda com ampliação em relação a 2007 e novas áreas em tanques escavados sobre área descoberta próximo ao Ramal Cláudio Mesquita e em alguns pontos nas proximidades da foz.

Essa concentração no quadrante esquerdo da microbacia pode ser por questões de logística e tem a mesma explicação da cultura e cultivos, visto que a área está no bairro do Tarumã-Açu e próximo ao Ramal Cláudio Mesquita onde permite facilidade de escoamento da produção ao mercado da capital.

A área que registrou maior processo de ocupação no alto curso corresponde ao domínio da rodovia AM-010 no seu eixo longitudinal no segmento das margens com irradiação também de forma esparsa para o interior da microbacia. Como evidência desse processo de ocupação destaca-se na margem da rodovia a multinacional 3M Manaus Indústria de Produtos Químicos Ltda ocupando uma área de 16 mil m².

O que chama atenção em 2015 no alto curso é o avanço do processo de uso e ocupação sobre a floresta primária no quadrante sul da microbacia que se encontra na grande área da reserva florestal Adolpho Ducke e sobre o grande vetor ambiental da APA Adolpho Ducke.

São vários focos dispersos de áreas descobertas de cultivo e culturas, piscicultura e área urbana de baixa densidade em localizações distante da rodovia AM-010. É importante frisar que a APA está integrada às unidades de usos sustentáveis na garantia da proteção da diversidade biológica e a reserva Ducke só permite no seu interior atividades de pesquisa.

A ocupação do médio curso tem influência das duas rodovias, sendo que a BR-174 percorre maior área e a AM-010 adentra na parte sudeste nesse quadrante em dois percursos intermitente. Nesse período de ocupação se destaca sob influência da AM-010 em sua margem a Novamed Fabricação de Produtos Farmacêuticos Ltda ocupando uma área de 25 ha e no interior da microbacia próximo ao curso a subestação de energia Eng. Isidoro Lechuga ocupando uma área em torno de 15,23 ha.

No período de construção que ocorreu no intervalo entre 2007 e 2015, a Petrobras detinha 49,5% das ações da subestação de energia Eng. Isidoro Lechuga, tem segundo a empresa como bandeira em suas ações a gestão ambiental, a proteção e a recuperação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos hídricos e a redução de emissões de gases de efeito estufa (Eletrobras, 2024). Porém, foi verificado que a construção ocorreu a pouco mais de 300 m da margem do curso d'água e realizou a supressão da floresta ao lado de uma grande área descoberta (antiga mina abandonada de exploração de areia).

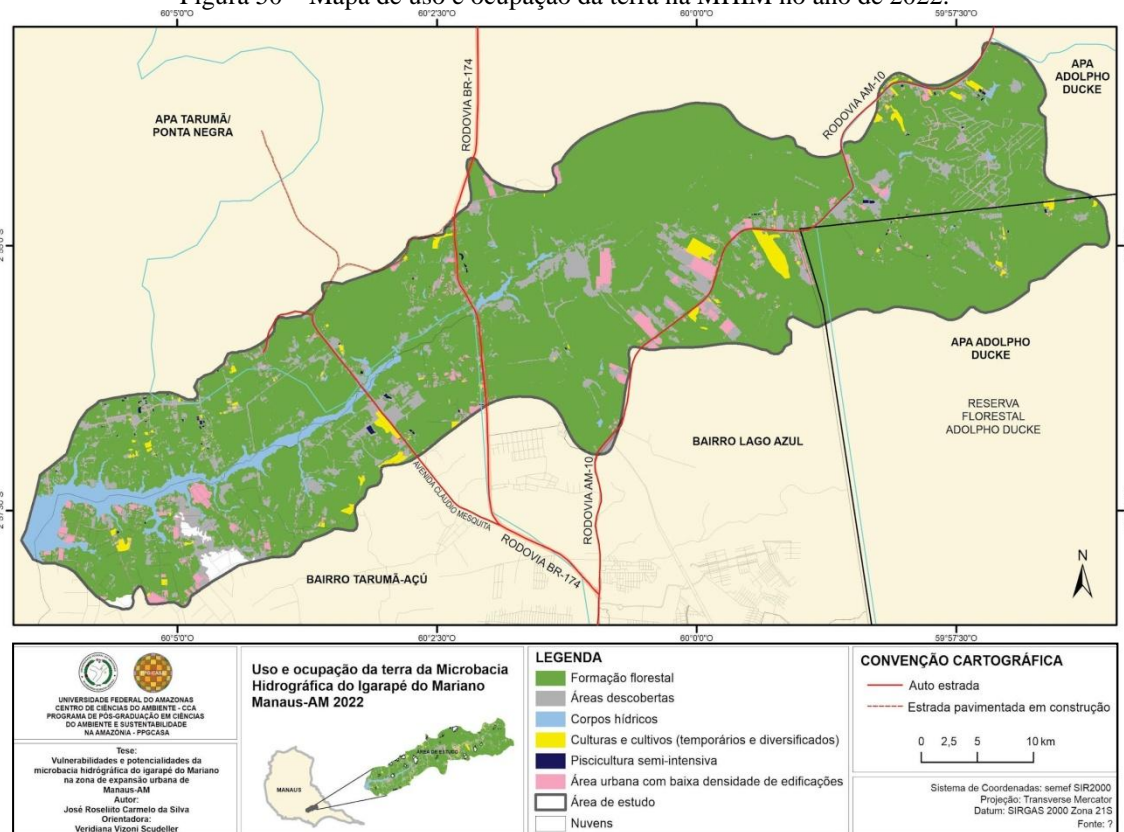
No baixo curso da microbacia a Estrada Cláudio Mesquita (Atual Avenida Cláudio Mesquita) é a via principal que permite acesso para a margem direita e vários ramais, nesse período não estava totalmente asfaltada. Apesar da diminuição da classe das áreas descobertas em 2015, a falta de infraestrutura não inibiu a abertura de ramais que se projetam a partir da borda em direção ao canal principal e no segmento deles várias áreas descobertas.

A margem esquerda, por fazer parte do bairro do Tarumã-Açu, apresenta maior e melhor infraestrutura de acesso por meio da Estrada do Tarumã e Avenida do Turismo, permite conexão a vários ramais na maioria asfaltados que se irradiam na microbacia. Nas extensões desses ramais, surgiram inúmeras construções e aumentou o índice de ocupação que se projetou até a margem do curso principal.

4.3.2.4 Uso e ocupação da terra no ano de 2022

Os resultados de uso e ocupação da terra de 2022 (Figura 50) mostram um cenário de crescimento em cinco das seis classes estudadas. Permanece na microbacia o predomínio da cobertura vegetal com 81,08% de área, porém foi inexpressiva flutuação de mudanças. Aumentaram também as classes áreas descobertas, corpos hídricos, piscicultura semi-intensiva e a área urbana com baixa densidade de edificações, juntas somam 16,88% da área total da microbacia. Ao contrário, somente a classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) diminuiu sua área (Tabela 7).

Figura 50 – Mapa de uso e ocupação da terra na MHIM no ano de 2022.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de SILVA, G. S.

Comparado a 2015 quando à classe formação florestal representava 56,124 km² que correspondia a 80,04% da área total da microbacia, essa classe teve ínfimo aumento para 56,858 km² ou 81,08% em 2022. No entanto, foi muito mais significativo o aumento na classe áreas descobertas que registrava em 2015 5,900 km² perfazia 8,41% da área integral, essa dimensão se elevou para 6,839 km² ou 9,75%. Corpos hídricos

aumentaram de 2,191 km² ou 3,12% em 2015 para 2,712 km² elevando-se em 3,87% de sua área total na microbacia em 2022.

Tabela 7 - Dados comparativos por classe de uso e ocupação da terra de 2015 em relação a 2022 na MHIM.

Classe de uso e ocupação da terra	2015		2022		Resultado		
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	D/A
Formação Florestal	56,124	80,04	56,858	81,08	0,735	1,29	A↑
Áreas descobertas	5,900	8,41	6,839	9,75	0,940	13,73	A↑
Corpos hídricos	2,191	3,12	2,712	3,87	0,521	19,21	A↑
Culturas e cultivos (temporários e diversificados)	1,251	1,78	0,992	1,41	0,259	0,70	D↓
Piscicultura semi-intensiva	0,098	0,14	0,112	0,16	0,014	12,50	A↑
Área urbana com baixa densidade de edificações	1,471	2,1	2,172	3,1	0,701	32,27	A↑
*Nuvens	3,089	4,4	0,436	0,62	2,653	85,89	D↓
Área total	70,123	100	70,123	100			

Fonte: Roselito Carmelo (2024).

Legenda: A = Aumentou, D = Diminuiu.

* Área não estudada.

A classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) registrava em 2015 1,251 km², correspondia a 1,78% de área, em 2022 foi reduzida para 0,992 km² ou apenas 1,41%. A classe seguinte piscicultura semi-intensiva aumentou de 0,098 km² isso representava 0,14% da área total para pouco mais de 0,112 km² ou 0,16%. E, por fim, a classe área urbana com baixa densidade de edificações registrou elevado aumento de área, passou de 1,471 km² ou 2,1% em 2015 para 2,172 km² equivalente a 3,1% de área no interior da microbacia.

A classe formação florestal representa entre as classes, menor aumento de área física em 0,735 km² de acréscimo, isso aumenta sua área de predominância em 1,29%. Esse aumento se explica em parte a diminuição registrada de 0,70% ou 0,259 km² ocorrido na classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) durante esses sete anos decorridos algumas áreas abandonadas tornarem-se área de capoeira e foram inclusas como cobertura vegetal na classe formação florestal, talvez por isso tenha aumentado sua cobertura.

Outro fator de relevância a considerar nesses dados foi à redução considerável de nuvens que em 2015 registrou 3,089 km² ou 4,4% espalhada sobre a microbacia e

diminuiu para 0,436 km² cobrindo 0,62% no baixo curso de forma concentrada na margem direita próxima a foz.

Essa diferença de 2,653 km² que correspondeu a 85,89% de redução de nuvens pode ter influenciado sobre o aumento das outras classes. A classe áreas descobertas teve 13,73 % de aumento perfazendo 0,940 km² de área. Um fator considerável que pode ter elevado esse aumento foi o loteamento Paraíso dos Lagos iniciado em 2019, conforme consta no site do Ministério Público Federal (MPF, 2022) esse empreendimento tem um histórico de crimes ambientais, a começar pela área que foi licenciada apenas 21,0123 ha, porém tem 266 ha com inúmeros ramais se estendendo sobre os platôs e terrenos com áreas desmatadas (ver capítulo 3 figura 23). Essa área em processo de ocupação corresponde à cabeceira da microbacia do Mariano onde estão às cinco nascentes principais, formadoras da rede hidrográfica da microbacia.

No baixo curso se destaca na margem da Av. Claudio Mesquita e próximo à calha do igarapé, uma grande área descoberta com serviço de terraplanagem preparada para receber uma ocupação. Pela margem direita seguindo a borda da microbacia pelo Ramal Sol Nascente com 1,97 km de extensão e o Ramal Novo Paraíso com 5,43, km que se projetam em direção à foz, apareceram várias áreas descobertas nas margens do seu segmento e focos espalhados para o interior da microbacia.

Esse cenário de mudanças pode ser descrito em função dos serviços de infraestrutura asfáltica que se iniciou a partir de 2020 (ver capítulo 3 figura 28). Segundo a Seinfra o conjunto de obras contemplou vários serviços entre eles, terraplanagem, pavimentação e serviço de drenagem (Amazonas, 2023c). Com melhor trafegabilidade nessa área que antes apresentava mais dificuldade de acesso e consequentemente maior isolamento tem alavancado e despertado maior interesse de uso e ocupação.

Considera-se também com destaque a margem esquerda do baixo curso que está no Bairro Tarumã-Açu, demonstra aumento de vários quadrantes de áreas descobertas e alguns ramais de chão batido que se projetam para o interior. Esse cenário pode estar sendo impulsionado devido às obras de infraestrutura na grande região Oeste da cidade que o governo do estado vem realizando nos últimos anos.

Trata-se do projeto de articulação do Anel Sul com a duplicação da Estrada do Tarumã (Av. do Turismo) objetivando fluidez do tráfego de veículos, devido ao rápido crescimento populacional e visa melhorar a mobilidade urbana (Amazonas, 2013). Para Serrão (2022), as obras de implementação do complexo viário Anel Sul que vem sendo

realizado pelo governo do Amazonas desde 2021 no Tarumã, ameaça os fragmentos florestais urbano da cidade. Ressalta o autor que toda essa área pertence à APA Tarumã/Ponta e a APP da Cachoeira Alta do Tarumã.

Corpos hídricos representam o segundo maior aumento entre as classes com 0,521 km² de área projetando-se para 19,21%. Esse aumento tem influência no alto curso na cabeceira da microbacia com a ampliação da área do balneário da Keila e, principalmente, com a obra do Balneário da Chácara Paraíso dos Lagos, onde o subdimensionamento da calha estrangulou o fluxo da corrente de água do curso principal e ocasionou a montante a formação de extenso lago sobre a planície de inundação e áreas adjacentes que foram escavadas para ampliação do alagamento (ver capítulo 3 figuras 30 e 31).

No médio curso, o lago formado com a construção da ponte da BR-174 (década de 1970) aparece ampliado em relação a 2015. Provavelmente um afluente próximo que se encontra estrangulado por uma barragem de terra esteja contribuindo com o assoreamento da área, elevando o fundo e, conseqüentemente, ampliando a área afogada (ver capítulo 3 figura 35 a2).

A mesma situação de ampliação da massa d'água ocorreu na intervenção com a obra pública da construção da ponte na Av. Cláudio Mesquita. Como essa área está no baixo curso a tendência da calha é ser mais larga de uma margem a outra e em decorrência do estrangulamento formou a montante um lago e progressivamente vai ampliando para montante a massa d'água em decorrência da morte da vegetação da planície de inundação (ver capítulo 3 figura 36).

A classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) foi a única entre as classes que teve redução de área em 0,259 km² isso representa 0,70%. Algumas áreas dentro do quadrante que correspondem à Reserva Adolpho Ducke desapareceram e cederam lugar a formação florestal de capoeira, ocorreram reduções no alto e médio curso ao longo da AM-010 e no lugar surgiram área urbana, formação florestal de capoeira e área descoberta. A mesma situação ocorreu próxima a BR-174.

No baixo curso pela margem direita próximo a Av. Cláudio Mesquita, uma área considerável foi substituída pela formação florestal de capoeira. E no interior dessa margem, as áreas que desapareceram deram lugar a área urbana, avanço da floresta e áreas descobertas. Enquanto, pela margem esquerda próximo a Av. Cláudio Mesquita, algumas áreas se ampliaram e apareceram próximas a borda da bacia, outras reduziram em substituição a formação florestal de capoeira. Na área mais próxima à foz, algumas

áreas se mantiveram ou ampliaram outras reduziram cedendo lugar para formação florestal de capoeira.

Essas mudanças na classe culturas e cultivos podem estar sendo influenciadas pelo próprio cenário que vem se configurando na microbacia na tendência mais urbana e menos rural diante da expansão da cidade. A exceção foi no baixo curso pela margem esquerda, quando visto no mapa de 2007 (ver figura 48) e mapa de 2015 (ver figura 49) que apesar de redução em algumas áreas, porém essa classe em 2022 se manteve e até mesmo apareceram outras áreas mostrando progressividade.

Esse cenário que se mostra mais consolidado pode ser explicado pela infraestrutura urbana devido à área se encontrar no Bairro do Tarumã-Açu, isso facilita o escoamento da produção e maior proximidade com o mercado consumidor da capital.

A classe piscicultura semi-intensiva representa em termos percentuais o quarto lugar entre as classes que tiveram aumento de 0,014 km² ou 12,50% de área em 2022 na microbacia. No alto curso da microbacia, essa classe permaneceu e surgiram outras no interior do loteamento nas proximidades da cabeceira, próximo à rodovia AM-010 na altura do km 30, em área expandida sobre uma antiga mina de areia próximo a margem do igarapé e na área poligonal correspondente a Reserva Adolpho Ducke com a supressão da floresta primária.

No interior do médio curso, próximo a AM-010, uma área que estava presente em 2015 cedeu lugar para área descoberta e área urbana. Próximo a BR-174, algumas áreas se mantiveram e outra surgiu pela margem direita do igarapé sobre uma área descoberta e na margem esquerda com a retirada da vegetação próxima a borda da microbacia.

No baixo curso próximo a Av. Cláudio Mesquita, duas áreas permaneceram, uma desapareceu e cedeu lugar a área descoberta e duas áreas foram construídas após a supressão da vegetação, sendo uma próxima à margem do curso principal sobre um afluente represado. Na margem direita próximo a Av. Claudio Mesquita e a borda da microbacia, uma área de tanques escavados reduziu transformando-se em área descoberta.

Seguindo o Ramal Sol Nascente e Novo Paraíso, inúmeros tanques de várias dimensões surgiram construídos após a retirada da vegetação. Essa área da margem direita é contrastante com o mapa de 2015 que só aparece o predomínio da floresta. Enquanto pela margem esquerda decorridos os sete anos permanecem apenas duas áreas sem alterações e uma que desapareceu transformando-se em área descoberta.

Essa classe requer uma observação mais atenta, pois ainda que tenha ocorrido um pequeno aumento progressivo nas três datas analisadas, foi a que teve o quarto lugar entre as classes em aumento. Esse cenário pode estar apontando para a mesma situação da classe culturas e cultivos (temporário e diversificado) que diminuiu, ou seja, poderá reduzir devido à própria tendência da microbacia que, ao longo do tempo, irá perder a característica de área rural para a área urbana.

Área urbana com baixa densidade de edificações foi a classe que mais aumentou em 2022 com 0,701 km² isso correspondeu a um ganho de 32,27% no interior da microbacia. No domínio da rodovia AM-010 (ver capítulo 3 fig. 21) que se prolonga por vasta extensão no interior da microbacia (pequena parte do médio e maior no alto curso) tem favorecido de maneira efetiva a implantação de grandes empresas nacionais, filiais de multinacionais e outros empreendimentos.

Alguns poligonais da classe área descoberta que apareciam nas proximidades da margem da AM-010 em 2015, surgiram em 2022 como áreas urbanas, outras apareceram em substituição à cultura e cultivos (temporários e diversificados). Duas áreas que chamam atenção no alto curso quando comparadas ao mapa de 2015 em que a presença da floresta era mais predominante é a vasta área próxima à cabeceira com o surgimento do loteamento que desenhou sobre os platôs várias vias que estão sendo asfaltadas e muitas áreas descobertas significando que a floresta está sendo suprimida para construção de residências.

A outra área está no interior da APA e da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), ocorreu considerável ocupação quando comparada a 2015. Várias áreas descobertas que apareciam em 2015 algumas ampliaram suas áreas e outras se transformaram em área urbana com baixa densidade de edificações. Também surgiram outras áreas urbanas após supressão da vegetação primária.

Reforça-se o que já foi comentado anteriormente que a APA faz parte de unidades de uso sustentáveis permitindo sua ocupação de forma parcimoniosa porque segundo Moreira (2019) a APA é importantes prestadoras de serviços ecossistêmicos.

A RFAD é uma Reserva Ecológica que permite no seu interior a realização de pesquisa (Oliveira *et al.*, 2011). O artigo 8º da Lei N° 9.985 de 2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza especifica apenas o que é Estação Ecológica como pertencente a uma unidade de proteção integral. No artigo 9º especifica que é uma área a ser preservada com objetivo a pesquisa científica, só

permite a restauração do ecossistema e manejo de espécies a ser preservado (Brasil, 2000).

Nesse sentido, ocorre um conflito de interesse entre as duas unidades, visto que, como uma reserva florestal só se admite a pesquisa científica e como APA é uma unidade de uso sustentável conforme a citada lei 9.985 de 2000 em que o artigo 15º especifica como sendo uma área com certo grau de ocupação humana.

Próximo à área da RFAD junto a AM-010, permanece a comunidade Bom Jesus com focos de pequenas novas áreas urbana e vasta área descoberta, indicando possível crescimento. Na medida em que se avança para o médio curso no segmento da AM-010, ocorrem fortes processos de mudanças com o desaparecimento de áreas descobertas e cultivos e culturas e supressão da floresta cedendo lugar ao surgimento de área urbana.

No interior do médio curso próximo às margens da rodovia BR-174, surgiram vários núcleos de área urbana sobre algumas áreas descobertas remanescentes de 2015 e devido à supressão da floresta. Existe uma clara diferença de ocupação entre as duas rodovias. Sob influência da BR-174 apesar de se verificarem vários pequenos focos de área urbana espalhada (residências), porém é patente que, ao longo da AM-010 são observados grandes quadrante de áreas descobertas e urbana, indicando que a tendência no local é a instalação de grandes empresas e outros empreendimentos de grandes dimensões.

No baixo curso no eixo correspondente a Av. Cláudio Mesquita, ocorreu uma tímida expansão da área urbana do tipo habitação sobre área de floresta e áreas descobertas, porém é perceptível a formação de uma grande área descoberta com a possibilidade de vir a ser condomínio residencial ou outro empreendimento similar.

No grande poligonal do baixo curso posterior a Av. Cláudio Mesquita existe desde a década de 1980 o Condomínio Vivenda do Pontal com residências de alto padrão destinado à classe média/alta, destacando-se como a maior área urbana no interior da microbacia na margem esquerda do igarapé e ao longo da avenida que lhe dá acesso surgiram inúmeras habitações e o Parqueamento da Polícia Civil.

No mapa de 2015 (ver figura 49), a margem direita apresenta pequenos pontos de área urbana com predomínio da floresta, contrastando com o mapa de 2022 que evidenciam inúmeros pontos de habitações espalhadas no interior da floresta bem como várias áreas descobertas que podem ser transformadas em área urbana.

Situação bem diferente é encontrada na margem esquerda que desde 2007 (ver figura 48) já estava ocupada por alguns núcleos urbanos e se acentuaram em 2015,

porém em 2022 ocorreu intenso processo de modificação com o surgimento de várias áreas descobertas e inúmeras áreas urbanas que surgiram com a retirada da floresta e sobre algumas áreas descobertas remanescentes vistas no mapa de 2015 (ver figura 49). Grandes aglomerações urbanas são vistas nas áreas de APP contornando as bordas dos quatro platôs nas margens do curso d'água e próximo ao limite da microbacia no extremo sul. São no geral propriedades de extensas áreas com residências de elevado padrão e de infraestrutura.

O contraste social do baixo curso do igarapé do Mariano ocorre atualmente na forma de uso e de ocupação onde na margem direita existem residências mais simples de pequenos agricultores e seus terrenos espalhados pelo interior da área. A margem esquerda está sendo ocupada por atores sociais de melhor poder aquisitivo onde tem construído suas residências com elevado padrão, dotado de todo conforto para o lazer e se beneficiar da beleza cênica que o lugar oferece (água e floresta).

No entanto, essa é uma situação que pode estar em mudança e deverá descaracterizar o cenário de contraste com a conclusão dos serviços de pavimentação que ocorreu no segundo semestre de 2023 na margem direita. Com os serviços de asfaltamento nos ramais principais, o acesso ficou facilitado até a foz e é perceptível esse processo de mudanças com a venda e novas áreas de terrenos demarcados. Possivelmente, o cenário atual de predomínio da floresta sobre as bordas dos platôs cederão lugar às residências de alto padrão como é visto na margem esquerda.

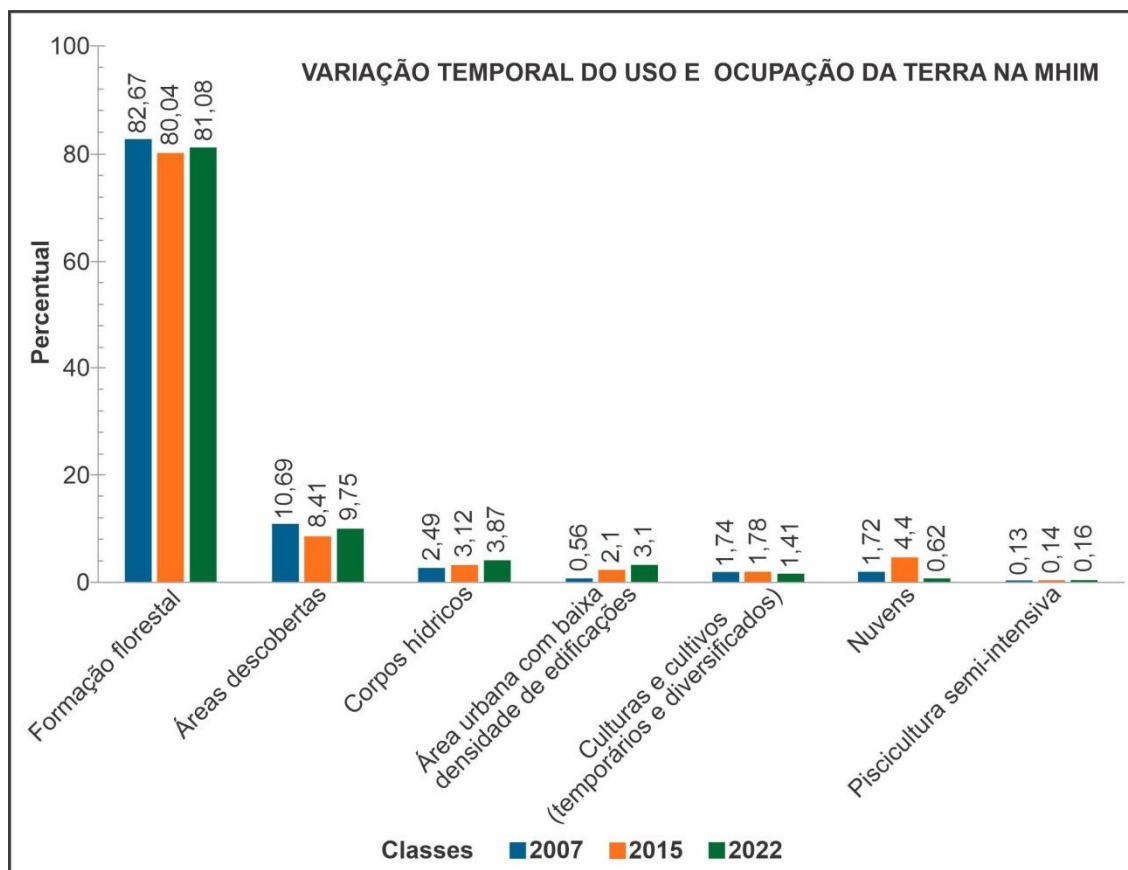
De maneira geral, as classes estudadas na janela de tempo nos períodos de 2007, 2015 e 2022 que mostrou por meio da variação temporal do uso e ocupação da terra (Figura 51) os processos de mudanças, foi possível uma análise do padrão e a tendência do quadro ambiental na MHIM.

A classe formação florestal é predominante em todos os três períodos analisados ocupando mais de 80% da área na microbacia do Mariano sendo que em 2007 apresentou maior área, decaiu em 2015 e teve leve recuperação em 2022 (respectivamente 82,67%, 80,04% e 81,08). Mesmo com essa leve recuperação (aumento) e apesar de ter ocorrido diminuição de nuvens, que pode ter dificultado na precisão do valor é possível que essa classe esteja diminuindo frente ao cenário da área urbana com baixa densidade de edificações que vem se projetando.

A segunda classe em predomínio de área na microbacia é a classe áreas descobertas. Apresentou um cenário parecido com a formação florestal onde em 2007 detinha uma área maior, decaiu em 2015 e teve leve recuperação em 2022

(respectivamente 10,69%, 8,41% e 9,75%). É possível que esse leve crescimento tenha ocorrido devido à diminuição de área da classe culturas e cultivos (temporários e diversificados), mas também pode ter sido influenciado devido à redução de nuvens.

Figura 51 – Gráfico da variação temporal de uso e ocupação da terra entre os anos de 2007, 2015 e 2022 na MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de VIANA, A. L.

É possível a tendência de aumento nos anos seguinte e perder área para a ocupação urbana, toma-se como exemplo nessa linha de raciocínio o loteamento que vem se configurando no alto curso sobre a cabeceira do igarapé e inúmeras áreas que surgiram no baixo curso.

Em seguida, vem a classe corpos hídricos que teve um crescimento ascendente com 2,49% em 2007, 3,12% em 2015 e 3,87% em 2022. A explicação mais plausível para esse aumento e com tendência de continuidade é pelo fato de a ocupação estar em curso e uma das medidas como visto na microbacia é transformar a calha em área de lazer (balneário) com a formação de lagos artificiais, para isso estrangula-se e subdimensiona a passagem da corrente controlando o fluxo com pequenas manilhas.

Essa situação também vai se estender com a construção de pequenas pontes que deverão ser construídas entre os divisores de água dos afluentes e subafluentes para se ter acesso e mobilidade de ocupação entre os platôs.

Pois são características da região intensas chuvas na maior parte do ano, isso faz com que essa microbacia apresente uma rica rede hidrográfica, além do canal principal apresenta inúmeros afluentes e subafluentes (86 cursos d'água). Sem planejamento, todos esses cursos gradativamente sofrerão intervenções nas margens e na calha, na medida em que se avance no uso e ocupação da microbacia.

Área urbana com baixa densidade de edificações é a quarta classe em destaque na microbacia do Mariano. Essa classe pode estar mostrando um cenário de crescimento progressivo nesse período de 15 anos com 0,56% (2007), 2,1% (2015) e 3,1% (2022) e pode estar associado ao crescimento das áreas descoberta, principalmente, no alto e baixo curso que indicam um cenário de substituição pela área urbana e a diminuição da classe cultura e cultivos (temporários e diversificados) que oscilou nos três períodos mais vêm perdendo área: 1,74% (2007), 1,78% (2015) e 1,41% (2022).

Porém, pode-se também levar em conta que nesse período ocorreu redução de nuvens e pode ter influenciado nesse aumento. Mas, é possível que esses resultados possam estar mostrando que a capital está se expandindo progressivamente sobre a microbacia.

A última classe piscicultura semi-intensiva apesar de aumentado seguido nos três períodos: 0,13% (2007), 0,14% (2015) e 0,16 (2022), porém foi uma evolução muito fraca. Atribui-se a esse leve crescimento a possibilidade de culturas e cultivos (temporários e diversificados) que diminuiu e algumas áreas podem ter se transformada em áreas de tanque para criação de peixe. Outra situação que pode ter contribuído nesse aumento, foi à diminuição de nuvens no período.

No entanto, a própria característica da microbacia que ainda é predominante a formação florestal e é um ambiente propício a essa atividade, porém, com o possível avanço da área urbana, a tendência é se inverter assim como já vem ocorrendo com culturas e cultivos.

A presença de nuvens nas três imagens analisadas apesar de ter dificultado na maior precisão dos valores das classes estudadas, porém não comprometeu os resultados tendo em vista que não ultrapassaram os 10%, conforme pautado em trabalho realizado por Campos Alves, Silva de Freitas e Queiroz dos Santos (2020) sobre a área urbana de Manaus.

Para complemento das informações, destaca-se em síntese a seguir o cenário encontrado na microbacia do Mariano em trabalho de campo, com as principais alterações que indicam os meios estáveis com predomínio do fator pedogenético sobre o morfogenético (potencialidades) e os meios fortemente instáveis com a predominância do fator morfogenético sobre o pedogenético (vulnerabilidades)

Por apresentar uma área com baixa densidade de edificações (IBGE, 2021a), é possível constatar no espaço da microbacia do Mariano setores naturais potenciais no processo pedogenético com a presença da floresta primária e secundária protegendo grandes áreas e a beleza cênica propicia as atividades turísticas (Quadro 12).

Quadro 12 – Identificação de indicadores de cenário de potencialidades na MHIM.

IDENTIFICAÇÃO/LOCAL	CENÁRIO ATUAL
Alto curso	Área próxima a cabeceira com baixa densidade de uso e ocupação no interior, vegetação natural ombrófila densa com árvores de grande porte, vegetação secundária com preservação permanente do solo e área das nascentes. Margem e planície de inundação preservada.
Médio curso	Margens e planície de inundação com predomínio da vegetação natural preservada com garantia da manutenção da qualidade do curso d'água sem assoreamento da calha.
Baixo curso	Margem esquerda com cobertura florestal com presença da floresta ombrófila e predomínio de vegetação secundária arbustiva e de capoeira sobre os platôs com manutenção da vegetação ciliar nos afluentes. Margem direita interior da microbacia com predomínio da cobertura florestal com focos da floresta ombrófila, vegetação secundária arbustiva de capoeira, cultura e cultivos (temporários e diversificados), preservação da vegetação sobre os platôs (divisores de água) e Áreas de Preservação Permanentes (APP) nos afluentes. Margens, planície de inundação, calha e foz formam uma área de beleza cênica propícia a atividade turística e de lazer diversificado aquático (balneário, canoagem, mergulho, passeio de voadeira e lancha de baixo calado). Cenário propício ao turismo balnear (Tack <i>et al.</i> , 2020).
Área total da microbacia	É importante de forma geral levar em consideração a participação e contribuição da microbacia nos serviços ecossistêmico. Alguns destes serviços segundo Costanza <i>et al.</i> (1997) como regulação da composição química atmosférica, regulamentação climática, regulamentação de perturbações (proteção pela estrutura da vegetação no controle da erosão e retenção de sedimentos), lazer (atividade ecoturística) e cultural não comercial (estética e educacional). Notte <i>et al.</i> (2017), afirmam que as plantas nos seus múltiplos serviços ajudam no sequestro de carbono, purificam a água e proporcionam como paisagem a beleza estética. As mudanças decorrentes do uso e ocupação da terra têm interferido sobremaneira aos serviços ecossistêmicos e conhecer a valoração potencial ajuda numa gestão eficaz do planejamento urbano e ser útil como pagamento aos serviços ambientais (Costanza <i>et al.</i> , 2014).

	Os serviços ecossistêmicos de provisão como água e madeira; de suporte como a ciclagem de nutrientes, as árvores na proteção do solo e manutenção da biodiversidade; de regulação como sequestro de carbono, purificação do ar, manutenção do ciclo hidrológico, controle dos processos erosivos e; culturais como recreações, turismo e estético (Câmara dos Deputados, 2021), especificados na Lei Nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021 do PNPSA, são bens presentes na microbacia do Mariano que por meio de planejamento adequado devem manter suas potencialidades e benefícios para a sociedade.
--	---

Fonte: Roselito Carmelo (2024).

Entre o cenário atual evidenciado na MHIM, destaca-se sua beleza cênica da presença da floresta e, principalmente, em todo o baixo curso a composição da rede hidrográfica na área de baixo gradiente a calha principal e seus vários afluentes tende a ser mais largo e maior volume de água, permitindo fácil acesso de pequenas embarcações (lanchas, voadeiras, rabetas e canoas) muito propício ao turismo balnear.

De acordo com Tack *et al.* (2020), a atividade de lazer do turismo balnear é realizada nos igarapés devido sua abundância muito característica do ecossistema Amazônico e possibilita promover um contato mais direto com a natureza. Diz os autores que há uma grande demanda pelo turismo de áreas naturais se ramificando em várias direções dentro da matriz do turismo de natureza.

O turismo balnear é um potencial no turismo de natureza que pode ser explorado pela população em geral, porém, principalmente, aos que incentivam e valorizam o uso fruto dos recursos de forma sustentável. Esse tipo de turismo é para diferenciar do ambiente praia e sol, e os igarapés vêm ganhando atenção como espaço de lazer e recreação para os turistas (Tack *et al.*, 2020).

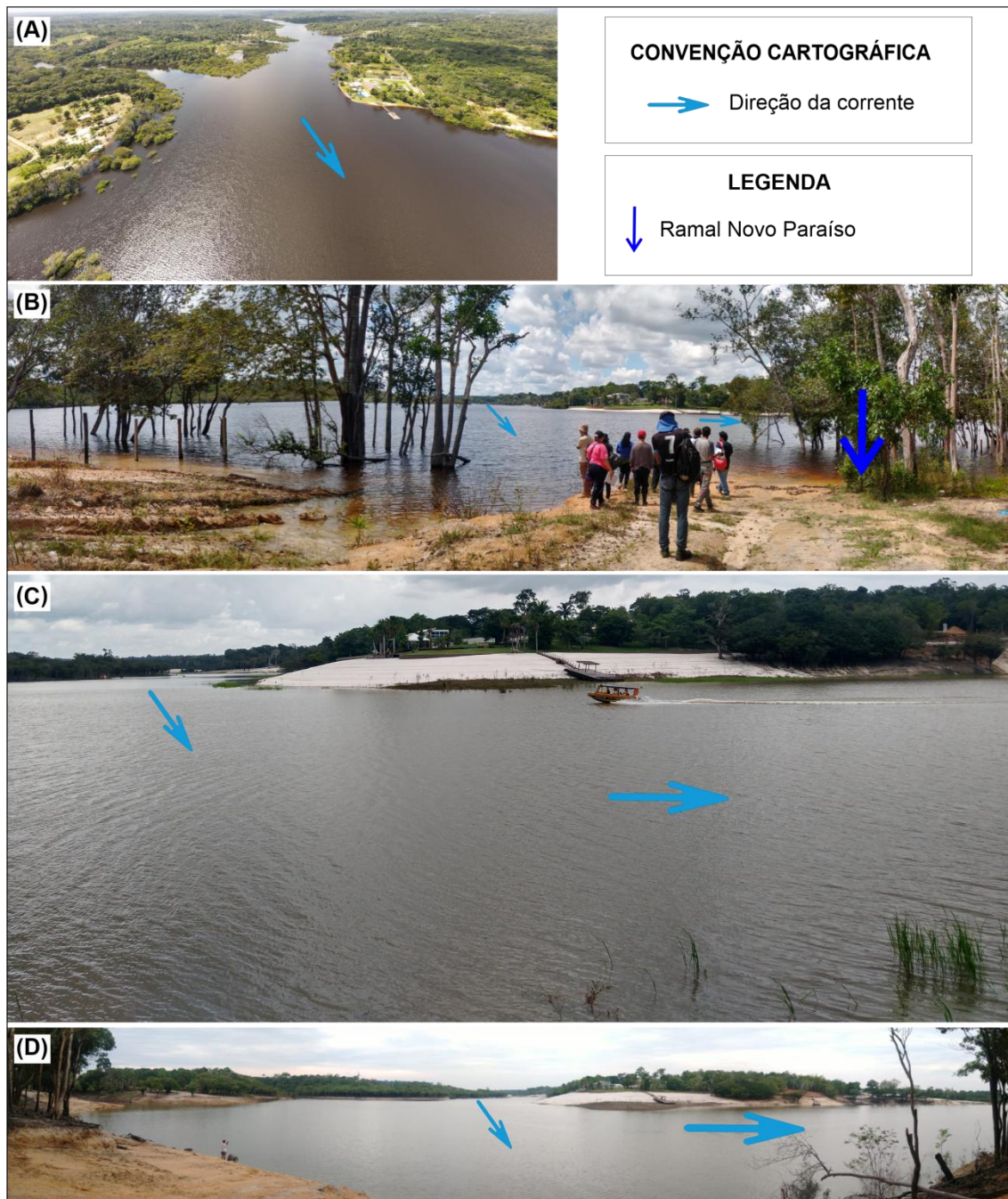
No escopo do ambiental natural da potencialidade destacada do turismo balnear é uma atividade que o Mariano pode oferecer sem que tenha muita interferência em relação ao período de descida das águas, podendo explorar praticamente quase o ano inteiro, com breve período de exceção entre outubro, novembro e dezembro (Figura 52).

As fotos (A e B) foram registradas com quase um ano de diferença e mostram o pico do período de chuva com o cenário da foz em seu maior volume de cheia possibilitando a inundação para montante, extravasando para seus diversos tributários de primeira e segunda ordem. Esse período é possível penetrar aos inúmeros igarapés que são favoráveis ao lazer como os passeios de lanchas.

De dezembro para janeiro representa o início de chuvas na região com a possibilidade de se evidenciar a massa d'água na foz do Mariano em volume

considerável que permite a navegação com segurança de pequenas embarcações (foto C).

Figura 52 – Fotos da foz do Mariano registradas em datas distintas em ângulo a partir do final do Ramal Novo Paraíso.



Fonte: Colaboração ARAÚJO, C. S., (A) (24/05/2022), Roselito Carmelo, (B) (15/05/2023), (C) (26/01/2023), e (D) (16/09/2023). Coordenada Geográfica: 2° 57'21.21'' S e 60° 6'13.35'' O.

Apesar de uma vazante acentuada com déficit de redução da coluna d'água e seca intensa na bacia Amazônica com reflexos em todos seus tributários diretos e indiretos devido à ação do El Niño como no segundo semestre de 2023, conforme visto

no registro do mês de setembro do mesmo ano apesar de praia amostra, a massa de água permite a navegação de baixo calado e favorável ao lazer balnear (Foto D).

As várias mudanças que estão ocorrendo sem planejamento vão modificando o uso e a ocupação da terra e remontam desde o final da década de 1990 com a exploração inapropriada de areia em que muitas minas exploradas ficaram somente as áreas degradadas, iniciando o processo de predomínio do fator morfogenético sobre o pedogenético com desequilíbrio e vulnerabilidade (Quadro 13).

Quadro 13 – Identificação de indicadores de cenário de vulnerabilidades na MHIM.

IDENTIFICAÇÃO/LOCAL	CENÁRIO ATUAL
Alto curso	<p>Minas de exploração de areia abandonadas e degradadas (solo exposto e processos erosivos atuantes).</p> <p>Loteamento na área da cabeceira que não vem cumprindo o licenciamento extrapolando a área permitida de 21,01 ha para 266 ha e se encontra com inúmeros ilícitos ambientais. Vários ramais de chão batido e asfaltados que se interconectam com acesso direto pela rodovia AM-010.</p> <p>Intervenção no curso d'água com subdimensionamento da calha (estrangulamento) para construção de via e para atividade de lazer (balneário), a montante morte da vegetação ciliar por afogamento (formação de lago na planície de inundação), a jusante descaracterização da calha, assoreamento e supressão da vegetação ciliar.</p> <p>Registro diversificado de uso e ocupação no quadrante sul no interior da área de proteção da reserva florestal e APA Adolpho Ducke.</p>
Médio curso	<p>Margem e planície de inundação próxima a rodovia BR-174 com minas de exploração de areia abandonadas próximas do curso d'água com extensas áreas degradadas (solo exposto, ravinas e voçorocas), intervenção em afluente (construção de via) com demanda de sedimentos para o curso e água turva. Estrangulamento da calha com a construção da BR-174, água confinada e formação de lago a jusante, supressão da vegetação margem direita com habitações próximas. Desenvolvimento de voçorocas e movimento de solo nas margens da rodovia.</p>
Baixo curso	<p>Av. Cláudio Mesquita com obra pública, construção de ponte sobre a seção transversal do curso, subdimensionamento e estrangulamento da corrente com duas manilhas de 2,5 m de diâmetro. Confinamento e formação de água a montante e morte da vegetação da planície de inundação. Assoreamento sobre o leito proveniente do flanco da barragem da terra e das margens. Sistema de drenagem inadequado para dispersão final da água, já se mostra destruído com formação de ravinas e movimento de massa em direção a canal. Área de solo exposto na margem da avenida.</p> <p>Margem esquerda interior da microbacia com várias minas de exploração de areia abandonadas degradadas com solo exposto e processos erosivos (ravinas e voçorocas). Vários ramais de chão batido que se interconectam entre as minas abandonadas e se estendem até a margem do curso.</p> <p>Margem esquerda interior da microbacia com áreas de solos exposto. Minas abandonadas de antigos areais sobre os platôs na margem do curso. Vários ramais que se estendem até o curso</p>

	<p>possibilitando ocupação irregular.</p> <p>Margem do curso área de APP, antiga ponte (destruída) com pilastra de sustentação dentro do canal, voçoroca e movimento de massa para o curso d'água, a montante morte da vegetação da planície de inundação e processo de assoreamento no leito (situação visual no período de seca).</p> <p>A jusante pela margem esquerda a partir do Condomínio Vivenda do Pontal ocupação com urbanização de alto padrão sobre as bordas dos platôs e APP. Alteração na planície de inundação com a construção de praias artificiais.</p> <p>Margem direita interior da microbacia, asfaltamento Av. Cláudio Mesquita (antigo Ramal Cláudio Mesquita), Ramal Sol Nascente e Ramal Novo Paraíso que se estende sobre a borda da microbacia até a foz, como vetores de facilidade de acesso a vários ramais de chão batido que se estendem sobre os platôs e divisores de água dos afluentes, se não ocorrer fiscalização e ordenamento, as vias serão ponto detonador da ocupação acelerada sem planejamento, poderão destruir as nascentes e supressão indiscriminada a vegetação. Áreas descobertas de antigas minas de areia e de áreas de uso diversificados sujeitos aos processos erosivos.</p> <p>Foz área de APP próximo a foz supressão da vegetação de APP, ocupação sobre a borda dos platôs com residências de alto padrão na desembocadura dos afluentes e canal principal.</p>
--	---

Fonte: Roselito Carmelo (2024).

É de se ressaltar que, depois de oito meses da inauguração do serviço de pavimentação, a maioria das placas de sinalização dos ramais Novo Paraíso e Sol Nascente já tinham sido furtadas. Em toda a extensão dos ramais, muitas áreas cercadas com arame farpado, focos de queimadas, terrenos limpos (desmatados e destocados), movimentação de veículos com carga de materiais de construção (tijolo e cimento), e a especulação imobiliária segue continuamente com várias placas de venda de terreno e lotes.

Essa área de expansão urbana da margem esquerda do baixo curso do Mariano mostra uma ação repetitiva de outras partes da cidade com placas de proibições fixadas pelo poder público. Essa ação “pela metade” não se mostra eficaz tendo em vista que boa parte da população não respeita e não garante a proteção ambiental. Na foz, a seca severa de 2023 deixou a mostra nos sedimentos diversos tipos de resíduos como recipientes plásticos, garrafas pets, garrafas de vidros, latas, sacolas plásticas e pneus (Figura 53).

O serviço de infraestrutura de pavimentação realizado na área tem sua importância social e econômica para o local favorecendo o escoamento da produção dos pequenos agricultores com mais eficiência e rapidez, e o transporte coletivo,

principalmente, escolar trafega com maior segurança. Porém, são necessárias políticas públicas completas que contemple não só o lado social, mas também o ambiental.

Figura 53 – Registro fotográfico no baixo curso mostrando placas dos órgãos ambientais, placas de vendas de terrenos e a identificação de resíduos na foz do Mariano no período da seca severa em 2023.



Fonte: Roselito Carmelo (2023 e 2024).

Dentro desse contexto, é preciso que o poder público deixe de ser menos presente apenas por meio de placas de aviso (figura decorativa) e agir com ação concreta de ordenamento, planejamento e fiscalização compartilhada entre estado e município, a fim de compatibilizar o desenvolvimento socioambiental e responsabilizar os atores sociais que alteram e degradam o meio ambiente de um local que ainda pode manter a sustentabilidade.

A política municipal de meio ambiente instituída desde 2001 tem como objetivo a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Preconiza ações integradas ambientais entre os entes município e estado. Adota as medidas e garante as diretrizes ambientais propugnadas pelo plano diretor como em área de expansão urbana.

Essa política do município tem como instrumento o planejamento, o zoneamento, a fiscalização e o monitoramento ambiental. Destacando o planejamento ambiental que estabelece diretrizes com vista ao desenvolvimento sustentável, evidencia como premissa a bacia hidrográfica reconhecendo-a como uma unidade básica de planejamento.

O plano diretor reconhece, atualmente, a Zona Norte da cidade como a grande área de transição e local estratégico de desenvolvimento. Objetivamente valoriza o zoneamento do território, a fim de garantir a ocupação ordenada com estratégias vinculadas ao desenvolvimento sustentável. Valoriza e apoia os dispositivos de proteção e planejamento ambiental disposto na política municipal de meio ambiente.

Reconhece a proteção do bem natural frisando que devem ser controladas as ações dos empreendimentos e atividades que causem impactos ambientais negativos, ressaltando as áreas de unidades de conservação. Grandes partes do espaço territorial da microbacia do Mariano do alto, médio e baixo curso estão sob a proteção da APA Adolpho Ducke e APA Tarumã Ponta Negra (ver capítulo 3).

Os eventos extremos acontecendo cada vez mais em curtos períodos de tempo e com maior intensidade como a seca de 2023 é uma situação que agrava a degradação ambiental. Com a descida da coluna d'água, ficou à mostra toda a planície de inundação no baixo curso no final da calha e as barras de sedimentos com assimetria longitudinal na foz, foi possível constatar com a seca que o uso e ocupação com as intervenções mostra um cenário de início de desequilíbrio (vulnerabilidade).

4.3.3 Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM

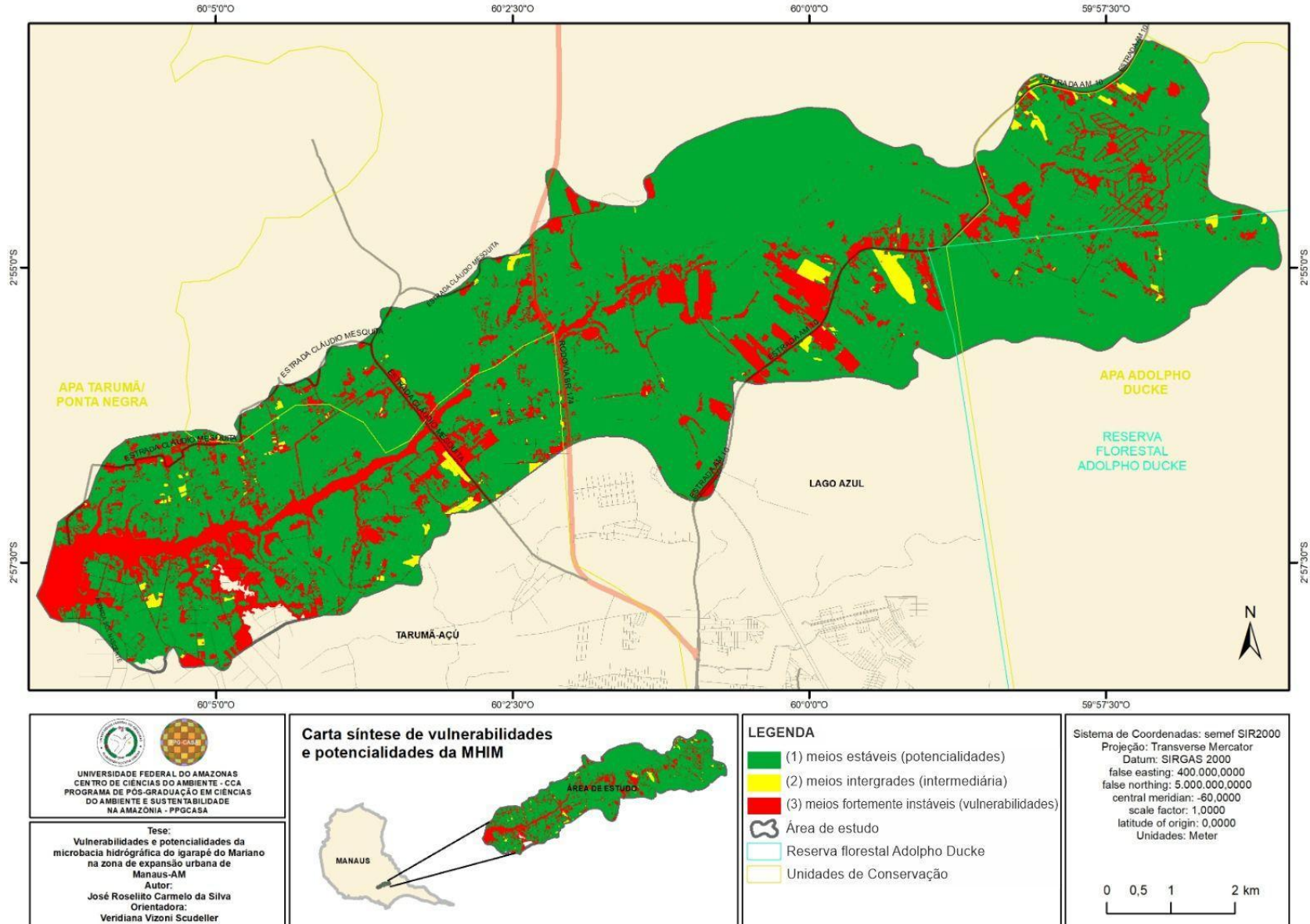
Com a análise temporal nos três períodos sobre o uso e ocupação da terra com base dos dados adquiridos nas classes Formação florestal, Áreas descobertas, Corpos hídricos, Culturas e cultivos (temporários e diversificados), Piscicultura semi-intensiva e Área urbana com baixa densidade de edificações, apoiado nas informações morfométricas e morfográfica foram essenciais para se chegar sobre as áreas com potencialidades e vulnerabilidades.

A carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades (Figura 54) mostra o cenário morfodinâmico de como se apresenta o quadro ambiental na MHIM construída seguindo o princípio das unidades ecodinâmica de Tricart (1977) estabelecida nos três níveis: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis. Atribuiu-se a

cada nível sequencialmente os valores 1, 2 e 3 e a sequência de cores respectivamente: verde, amarelo e vermelho (Tabela 8).




Para a classe formação florestal, foi atribuído o valor 1. Para a classe culturas e cultivos (temporários e diversificados) atribuiu-se o valor 2, por se entender ser uma atividade de menor impacto ambiental devido ao solo estar menos exposto aos processos erosivos e protegido da ação direta da chuva. Para as classes área urbana com baixa densidade de edificações, áreas descobertas, corpos hídricos e piscicultura semi-intensiva, foi adotado o valor 3 por se entender que são áreas antropizadas (impactadas pela ação humana), sujeitas e expostas aos processos erosivos, impermeabilização do solo e principalmente a água que é um recurso bastante vulnerável na área urbana de Manaus.

Figura 54 – Carta síntese de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de SILVA, G. S.

Tabela 8 – Escala síntese do grau de vulnerabilidades e potencialidades da MHIM.

Valor	Nível	Cor	Área em km ²	%
1	Meios estáveis (potencialidades)		56,858	81,08
2	Meios intergrades (intermediária)		0,992	1,41
3	Meios fortemente instáveis (vulnerabilidades)		11,835	16,88
	Nuvens		*0,436	0,62
Área total			70,123	100

Fonte: Roselito Carmelo, (2024) com base nas propostas iniciais da Ecodinâmica de Tricart (1997).

* Área não estudada

Os meios estáveis que indicam a potencialidade na microbacia do Mariano registraram dados predominantes com área total de 56,858 km² cobrindo 81,08% seguido pelos meios fortemente instáveis que registraram 11,835 km², isso equivale a 16,88% da área espacial da microbacia no nível de vulnerabilidades. O nível meios intergrades que representa o cenário intermediário registrou 0,992 km² de área total, isso equivale a um valor de baixa expressividade de 1,41%.

Os processos atuais, atuantes e integrados caracterizam a morfodinâmica da microbacia com os graus de transformações das influências antrópicas decorrentes das diversas formas de uso e ocupação. Essas modificações que se expressam são influenciadas pelas variáveis presentes na característica do relevo.

Com o padrão de drenagem dendrítico em ambiente tropicais onde o intemperismo químico é um potente intensificador da erodibilidade do solo (Stevaux e Latrubesse, 2017) e com característica de precipitações elevadas com forte erosividade (Conti e Furlan, 2009), esses componentes erosividade que é o potencial erosivo da chuva e a erodibilidade que é a resistência do solo aos processos erosivos (Florenzano, 2008), são característica predominante do clima equatorial associado à floresta Amazônica.

Esse padrão dendrítico da rede hidrográfica encontra-se sobre rocha sedimentar e qualquer alteração na superfície do solo como a retirada da cobertura vegetal sem planejamento prévio acionará o efeito erosividade/erodibilidade, segundo (Stevaux e Latrubesse, 2017, p. 69) “[...] afetar o padrão da rede de drenagem”, principalmente quando relacionada à declividade.

A disposição dos canais dendrítico, por serem ramificados com segmentos em todas as direções com ângulos agudos <90°, predominante na microbacia minimiza o fluxo de energia da água. As intervenções sobre os canais de 1ª, 2ª e no canal principal de 3ª ordem com barragens e desvios, são ações antrópicas que devem estar alterando o padrão de drenagem da rede hidrográfica do igarapé do Mariano.

A cabeceira, por ser relevo de maior altitude do ecossistema hidrográfico, registrou 130 metros, apresentou encostas íngremes com declividades $>11^\circ$, são divisores de água dos canais de 1ª e 2ª ordem que se projetam da borda para o interior da microbacia. Essas estruturas estão presentes de forma mais acentuadas contornando a cabeceira e as margens direita e esquerda do alto curso e até próximo da metade do médio curso. Para o interior dessa grande área, projeta-se a AM-010 encampando a ocupação com grandes empreendimentos e no segmento para o médio e baixo curso as altitudes são mais baixas (ver mapa hipsométrico figura 45).

A atenção deve-se voltar para as encostas íngremes, essas são os padrões de forma que ocupam o terceiro lugar com 20,08% e declividade $>11^\circ$ na microbacia (ver tabela 4). Com suscetibilidade média à alta de erosão, recomenda-se sobre essa compartimentação baixa à média ocupação em áreas de solo com textura coesa e áreas com solo granular evitar a ocupação SGB/CPRM (2019). Essa área da microbacia é a de maior vulnerabilidade aos processos erosivos e tende a ser mais intensa sem a cobertura vegetal. São nessas áreas que se desenvolvem as voçorocas com erosão remontante ou regressiva, decorrente das rotas de fluxo de água (Florenzano, 2008).

Na área da cabeceira local das três nascentes que estão nos quadrantes Norte e Leste, está se consolidando um loteamento que teve início em 2019 com um histórico de crimes ambientais por ter aumentado a área além da que foi licenciada, com inúmeras vias asfaltadas e supressão da vegetação primária. No quadrante Sul, encontram-se duas nascentes, sendo uma a formadora do curso principal com seus 22,6 km (ver figura 41 e 42), apesar das duas se encontrarem no interior dos dois vetores de proteção ambiental: a reserva Adolpho Ducke e a APA Adolpho Ducke, no entanto, não tem garantia de proteção, pois existem ações antrópicas modificando e suprimindo a cobertura vegetal.

Sem garantia de proteção ou planejamento esse cenário evidencia um processo de mudança dos meios estáveis cenário de potencialidades para os meios fortemente instáveis de vulnerabilidades. É importante atuação do poder público para proteger as nascentes por meio de unidades de conservação e principalmente manter uma fiscalização efetiva.

No nível de base junto à foz, a altitude mínima registrou 11 m com a presença de encosta com relevo plano, suave e em menor expressão relevo íngremes nos interflúvios que separam os curso de 1ª e 2ª ordem. Apresentam cotas altimétricas de até 50 metros, é área favorável a urbanização desde que se evitem as áreas íngremes sujeitas a movimento de massa SGB/CPRM (2019).

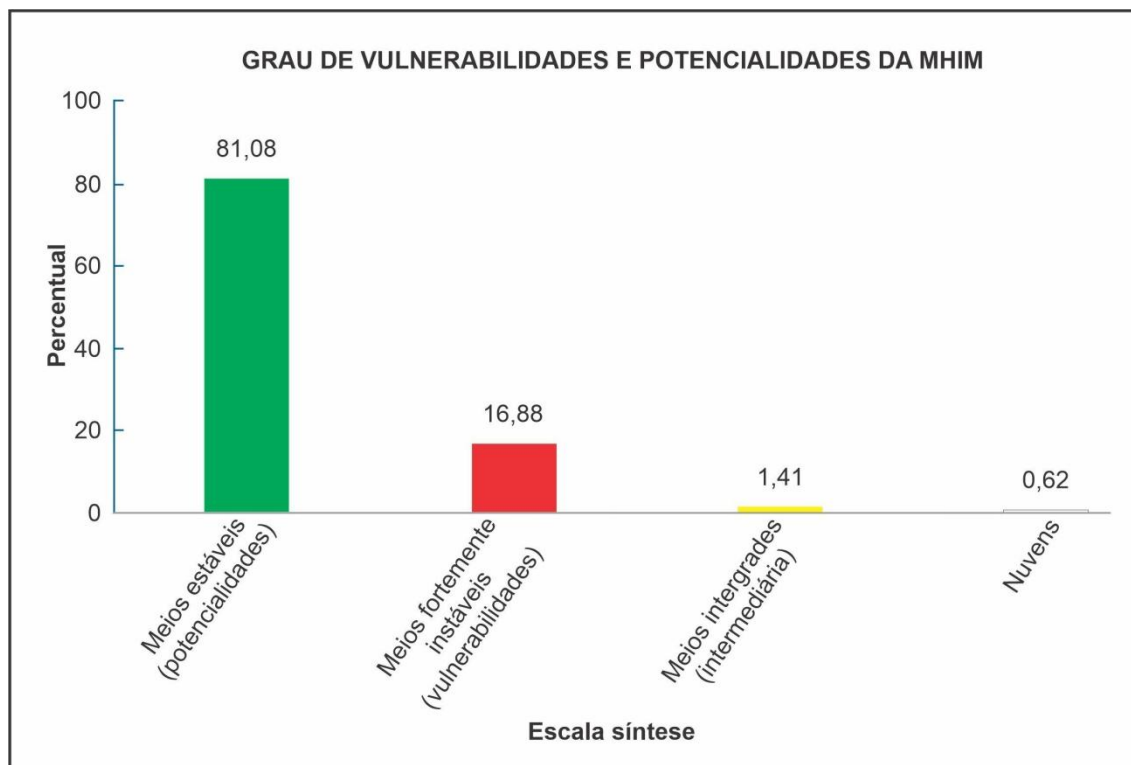
Próximo à planície de inundação, sobre o que deveria ser uma APP, várias residências de alto padrão foram e estão sendo construídas pela margem esquerda do curso principal e afluentes. Em estudo na bacia do Tarumã-Açu, Melo (2017) observou que entre os impactos mais significativos das ocupações se destacava a supressão da vegetação ciliar e nas encostas que são áreas de APP.

Com amplitude altimétrica de 119 m e a relação de relevo da declividade total que registrou 0,52%, indica que a microbacia apresenta baixa declividade. Significa nesse cenário para a microbacia do Mariano, redução nos picos de enchentes devido à maior trajetória da água da chuva circulando nas vertentes. Costa, Silva e Silva (2013) encontraram na bacia do Tarumã-Açu dados de que é pouca dissecada, baixa declividade com resposta hidrológica lenta.

Gouveia *et al.* (2019) assinalam que a declividade do relevo implica sobre a velocidade de escoamento na superfície até atingir os leitos fluviais. A declividade é importante indicador por influenciar no escoamento superficial e consequentemente nos processos erosivos (Castro, 2021).

O quadro ambiental que se evidencia na microbacia do Mariano pode ser detalhado no gráfico de potencialidades e vulnerabilidades (Figura 55).

Figura 55 – Gráfico de percentuais das áreas de potencialidades e vulnerabilidades da MHIM.



Fonte: Roselito Carmelo (2024) com a colaboração de VIANA, A. L.

O cenário de 81,08% representa a área de potencialidade em que expressa o predomínio pedogenético sobre o morfogenético. É a unidade ecodinâmica estável na microbacia do Mariano com cobertura vegetal de proteção suficiente para conter o fluxo de energia que seria capaz de desencadear movimento de material (processos erosivos). Revela o grau e a dinâmica das formas estáveis que o quadro ambiental apresenta (Ross, 2014).

É preciso atenção especial, pois a análise temporal de 15 anos mostrou que há um processo de mudanças com tendência crescente do avanço da área urbana sobre a microbacia (ver figura 51). Essa atenção deve ser voltada especificamente sobre os meios fortemente instáveis com 16,88%, pois ainda que em escala menor, deve-se levar em conta esse predomínio do fator morfogenético sobre o pedogenético.

Os meios intergrades que representam apenas 1,41%, no interior da microbacia, provavelmente, apesar de serem um setor que apresenta uma situação intermediária ou um balanço entre o pedogenético e morfogenético, poderão num futuro próximo se integrar aos meios fortemente instáveis, tendo em vista que o cenário mostra o avanço da área urbanizada sobre a microbacia.

No seu quadro natural, a microbacia do Mariano apresenta relevo predominante de encosta suave com média suscetibilidade a erosão, caracteriza-se por baixa declividade com característica natural de controle de picos de cheia por causa da vazão mais lenta, mantém esse equilíbrio com o padrão dendrítico que comanda a rede hidrográfica e conseqüentemente diminui o fluxo de energia da água. Ainda conserva no interior desse quadro ambiental o predomínio da cobertura florestal que protege o solo dos agentes exógenos.

No entanto, esse cenário pode estar sendo perturbado com as ações antrópicas que ocorrem sem planejamento nos setores do ecossistema hidrográfico. A perda indiscriminada da cobertura vegetal fortalece a erosividade e fragiliza a erodibilidade deixando o solo suscetível aos processos erosivos. As intervenções sem normas técnicas e sem plano de gestão para mitigar os impactos negativos sobre a microbacia, são muito evidentes, principalmente sobre a calha principal do igarapé do Mariano.

Na medida em que a ocupação urbana avança com intervenções sem planejamento urbano, fragiliza as potencialidades e vai ampliando os vetores de vulnerabilidades. A situação tende a se agravar com o aumento da frequência dos eventos climáticos extremos que tem provocado danos e prejuízos irreparáveis ao ser

humano (perde de vida, material e econômico) e ao meio ambiente com a destruição dos ecossistemas.

Nesse sentido, significa que as mudanças que estão ocorrendo na microbacia não têm a implementação de plano de gestão conforme determina a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433 de 1997) que deve ter o envolvimento não só dos usuários, mas do poder público. Então, o poder público, não está presente, porque não tem fiscalização ou é ineficaz na sua atuação.

O que está em curso e que demonstra o avanço da capital são os serviços de infraestrutura urbana com asfaltamento de inúmeros ramais na área poligonal correspondente a zona de expansão acima do bairro do Tarumã-Açu e do Bairro Lago Azul, a Av. Governador José Lindoso que forma um extenso eixo de Sul/Norte no interior da cidade conectando-se com a rodovia AM-010, na BR-174 a pavimentação do Ramal do Pau Rosa e do Ramal da Cooperativa no km 21.

E os impactos da pavimentação no aumento da fragmentação e uso indevido da terra são muito bem conhecidos como explicam Maurano, Escada e Renno (2019) em que o processo de uso e ocupação da terra na Amazônia sempre produziu vetores de desmatamento como o padrão espinha de peixe (áreas alongadas, lineares e ramificadas igual à vértebra de peixe) ocasionado por pequenos produtores rurais.

Esse padrão de desmatamento tem como vetor principal vias pavimentadas e a consolidação do desmate ocorre perpendicular gradualmente para o interior da floresta.

Essa situação já deixa em alerta se não houver uma política de proteção do uso e ocupação da terra com base em fiscalização eficiente e planejamento na zona de expansão urbana, num futuro muito próximo, ocorrerá à destruição total da floresta e todos os componentes do ecossistema hidrográfico como nascentes, áreas de encostas e cursos d'água.

O avanço iminente se caracteriza sobre esse vetor da expansão urbana com a pavimentação recente dos ramais no interior da microbacia do Mariano e em andamento a construção do complexo viário de articulação do Anel Sul com a duplicação da Estrada do Tarumã (Av. do Turismo). Se não tiver planejamento ambiental em poucos anos a Microbacia do Mariano será mais uma a completar o quadro de degradação socioambiental na cidade de Manaus (como relatado para outros igarapés no capítulo 1 desta tese).

CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Para uma microbacia que ainda é de baixa ocupação, a Microbacia Hidrográfica do Igarapé do Mariano já começa a ter indícios do cenário atual dos igarapés degradados do sítio urbano da cidade de Manaus que se encontram densamente ocupados e grande quantidade de resíduos no leito.

A MHIM vem perdendo a cobertura vegetal e aumentando em área urbana, existem antigas minas de exploração de areia no alto, médio e baixo curso sem recuperação ampliando pontos de vulnerabilidades e principalmente nas áreas que seriam impróprias à construção civil. Também tem perdido potencial de uso sustentável, além da beleza cênica dos diversos afluentes e subafluentes que compõe a microbacia. Sem contar no assoreamento e estrangulamento do leito e consequências para as construções que estão irregularmente ocupando áreas de encostas (APP) no baixo curso próximo à foz.

Uma grande área da margem esquerda já pertence à divisão administrativa da capital. Uma parcela do alto curso está na Zona Norte pertencente ao bairro Lago Azul e parte do médio e baixo curso está na Zona Oeste no bairro Tarumã-Açu. São áreas consolidadas sem planejamento urbano. A nascente principal que se encontra no interior da Reserva Florestal Adolpho Ducke e na APA Adolpho Ducke deveria estar protegida, porém, já existem no lugar uso e ocupação de forma irregular.

Entretanto, reforçamos que os projetos ambientais devem ser projetos de estado, não projetos políticos usados como plataforma de campanha eleitoral. Ações superficiais são frágeis ou decorativas, o que não basta para inibir o processo de degradação sobre o meio ambiente.

O fortalecimento e garantia de uma ação ambiental permanente perpassa pelos órgãos ambientais bem aparelhados com as geotecnologias, com concursos contínuos de agentes qualificados e com independência de qualquer submissão ou interesse, com liberdade de pôr em prática as legislações com apoio das instituições de pesquisa.

É necessária a presença forte do estado com a participação de instituições de pesquisa para implementação das políticas públicas e planejamento sobre as formas de uso e ocupação da terra seja na área rural ou urbana, pois as diversas ações de modificações que têm ocorridas na superfície do relevo, geralmente avançam deliberadamente sem levar em conta as medidas protetivas de jurisprudência ambiental fragilizando e deixando em situação de vulnerabilidade o ambiente e o ser humano.

Sejam por falta de planejamento e gestão ou por fiscalização ineficaz o alto, médio e baixo curso da microbacia do Mariano, apesar de predomínio das potencialidades do ecossistema hidrográfico, vem apresentando cenário de vulnerabilidades, devido à forma de uso e ocupação. Toda modificação se processa em efeitos sinérgicos atingindo toda a complexidade do ecossistema e sem planejamento os efeitos negativos afetarão a qualidade socioambiental.

O importante é entender que sem planejamento e gestão socioambiental a microbacia do igarapé do Mariano em pouco tempo se somará às outras existentes no sítio urbano de Manaus como o que aconteceu no século passado na microbacia do Mindu ou do Quarenta, antes eram áreas de lazer, hoje se tornaram verdadeiros esgoto a céu aberto e não passam de um ambiente funesto.

Conforme os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos que sinaliza a bacia hidrográfica independente de sua dimensão como sendo uma área de planejamento e gestão, a seguir algumas sugestões com vista a contribuir para o desenvolvimento sustentável da microbacia do Mariano:

1- Criar um comitê permanente multidisciplinar: permanente na manutenção de um corpo de profissionais, já estruturado em sua composição com datas definidas para um determinado período, com reuniões quando se achar necessário da exigência de se realizar análise de um trabalho/projeto. Todos os profissionais são oriundos de Instituições de Ensino Superior (IES), (Universidade Federal do Amazonas, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas, Universidade do Estado do Amazonas), Instituições de Pesquisas (IP) o Comitê de Bacia do Tarumã-Açu e Secretárias de Meio Ambiente (SMA), formados por Geólogos, Geomorfólogos, Geógrafos, Engenheiros Civil, Engenheiros Ambiental, Engenheiros Florestal, Hidrólogos e Pedólogos.

A importância do comitê tem por objetividade principal envolver um trabalho conjunto de profissionais com conhecimento complementar ou amplo sobre bacia hidrográfica no seu contexto de unidade de planejamento e gestão, na sua forma integral de análise: curso superior e cabeceira de nascentes, curso médio e curso inferior, por envolver supressão da vegetação, intervenções sobre as formas do relevo (principalmente áreas de encosta, vegetação ciliar e planície de inundação) no sentido de minimizar ou zerar as vulnerabilidades, fortalecer e garantir as áreas de potencialidades.

O comitê fará o levantamento dos dados em campo, análise e emissão de relatórios com as orientações para intervenção no meio ambiente com o sentido de mitigar os impactos decorrentes das intervenções. Será de competência do comitê acompanhar as três fases: antes (levantamento dos dados), durante (execução da intervenção) e finalização (constatação do cumprimento do que foi orientado).

Quando da ação do comitê existe um momento de oportunizar aos alunos de cursos técnicos de meio ambiente e acadêmicos das áreas afins, de acompanhar e auxiliar os profissionais em todas as fases do estudo: campo, laboratório e trabalho de gabinete para computação de horas complementares de estágios, devidamente certificados.

Os profissionais envolvidos e os alunos auxiliares poderão receber bolsa enquanto durar a permanência do comitê por meio de recursos proveniente do fundo financeiro das secretarias de meio ambiente oriundos de multas e de Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TACA) cometidos por infratores ambientais.

2- Criar dentro do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, o Subcomitê do Igarapé do Mariano: o objetivo do subcomitê visa descentralizar ações do comitê do Tarumã-Açu, para que as tomadas de decisões e/ou medidas seja mais imediatas em tempo e espaço, tendo em vista que a bacia do Tarumã-Açu é quase três vezes maior que o sítio urbano de Manaus e as ações podem ser mais rápidas.

A necessidade do subcomitê é devido à vulnerabilidade que a microbacia está submetida mediante a expansão urbana de Manaus que avança sobre essa rede hidrográfica que se situa como limite da área de transição do urbano para o rural e pela facilidade de acesso por meio da rodovia AM-010 e BR-174.

3- Criar áreas verdes: com parcelas de áreas definida juridicamente no alto, médio e baixo curso em ambas as margens esquerda e direita do curso d'água como um fundo de reserva ambiental no interior da microbacia, conforme descrito no Código Ambiental do Município de Manaus de 2001, reforçado no Novo Código Florestal de 2012 e conforme previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município da cidade de Manaus.

Objetiva-se, com essa medida, preservar importantes coleções da floresta natural existente na microbacia, por ser importante prestadora de serviço ecossistêmico e por ser importante fonte de pesquisa e um laboratório natural de Educação Ambiental dentro do sistema fluvial.

A medida serve para que o solo não fique totalmente descoberto entre os possíveis vazios de ocupação e uso da terra, evitando o desenvolvimento de processos erosivos, melhoria paisagística e beleza estética do local, proteção e manutenção regular da rede de drenagem, serve como controle microclimático, amenizando o calor, retenção de partículas emitidas por veículos e fonte de sequestro de carbono.

A medida de controle e fiscalização ficará a cargo dos moradores do entorno e adjacência, tendo como referência de contato direto a Secretaria do Meio Ambiente do Município. Os moradores serão identificados dentro de uma área poligonal mapeada e georreferenciada devidamente identificados em bancos de dados exclusivos.

A contrapartida pelos serviços ambientais prestados na fiscalização e manutenção da Área Verde caberá a prefeitura criar um “Imposto Verde (IV)” com desconto proporcional de proximidade de cada residência com o local, ou ser beneficiado por meio da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) Lei Nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021.

4- Criar Unidade de Conservação de Proteção Integral: é preciso que haja uma antecipação do Poder Público nas esferas Estadual e Municipal para delimitar e fiscalizar áreas potenciais da microbacia com a intenção de criar Unidades de Conservação, antes que a floresta seja suprimida e as nascentes e APP sejam degradadas pondo em risco de colapso a qualidade ambiental total. Medida objetivando a proteção das nascentes, seguindo o exemplo do Parque Nascente do Mindu sob a tutela do município (Semmas).

5- Monitoramento aéreo: usar Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) com sensor de alta resolução de captura de imagem para monitorar as áreas suscetíveis como a cabeceira da microbacia e as Áreas de Proteção Permanente (APP). A ARP faz o controle em tempo real com cobertura em área de difícil acesso e com baixo custo operacional.

É versátil, fácil manuseio, agilidade, precisão e elevado nível de resolução no registro fotográfico com excelente qualidade de detalhamento da superfície terrestre. Permite de forma instantânea a disponibilização de dados para tomada de decisão com maior rapidez.

6- Instituir o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA): utilizar o PSA com base na Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021 que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais como medidas assertivas para proteger as áreas de maior fragilidade do ecossistema hidrográfico como as nascentes da cabeceira da

microbacia que já se encontra em processo de transformação com terrenos sendo loteados.

O pagamento deve ocorrer para os moradores na cabeceira do Mariano que ficariam comprometidos com proteção da integridade da cobertura vegetal nas nascentes. Os pagadores devem ser os moradores da foz do igarapé, principalmente os da margem esquerda que possuem elevado poder aquisitivo, construindo residências de alto padrão com elevado valor agregado, usufruem da beleza cênica (água e floresta) e os investimentos que foram introduzidos na área não perderão seu valor.

Se não houver planejamento estratégico, o fator sinérgico atuante no impacto ambiental atingirá toda sua extensão até foz que detém uma beleza cênica natural propício ao lazer e turismo. Se o impacto ambiental no alto curso for negativo todos perderão em qualidade ambiental, principalmente no baixo curso que tende a receber todo acúmulo desse processo de transformação.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 8. ed. – Cotia. São Paulo: Ateliê Editorial, 2021.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **A Amazônia: Do discurso à práxis**. São Paulo: Edusp, 2004.
- AGUIAR, Francisco Evandro. **Rio Javari: o rio martirizante na bacia amazônica**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.
- ALENCAR, Guilherme Viana de. **Novo Código Florestal Brasileiro: Ilustrado e de fácil entendimento**. 1 ed. Vitória: Ed. do Autor, 2015.
- ALVES, Maria Aparecida Senaubar.; MACHADO, Luiz Augusto Toledo.; PRASAD, Gannabathula Sri Sessa Durga. **Estudo da variabilidade da cobertura de nuvens altas na Amazônia Central**. Acta Amazônica. VOL. 37(1) 2007: 71 – 80. Disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/sumario.php?volume=37&edicao=1>. Acesso em: 29 dez. 2023.
- ALVES, André Campos.; FREITAS, Ingrid Silva de.; SANTOS, Mayara Queiroz dos. **Análise multitemporal da expansão urbana da cidade de Manaus, Amazonas, utilizando Imagens de satélite**. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeeducacionais, vol. 11, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2020.
- AMAZONAS ATUAL. **Lixo em igarapés custa R\$ 9,7 milhões por ano ao contribuinte em Manaus**. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/lixo-em-igarapes-custa-r-97-milhoes-por-ano-ao-contribuinte-em-manaus/>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- AMAZONAS ATUAL. **Prefeitura descobre novo foco de invasão na APA Tarumã-Ponta Negra**. <https://amazonasatual.com.br/prefeitura-descobre-novo-foco-de-invasao-na-apa-taruma-ponta-negra/>. Acesso em: 25 maio 2022.
- AMAZONAS. **Lei nº 3.167, de 28 de agosto de 2007 Instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em: https://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/am/lei-no-3167-07_am.pdf. Acesso em: 8 mar. 2021.
- AMAZONAS. **Plano estadual de recursos hídricos do Estado do Amazonas: resumo executivo/Amazonas**. Secretaria do Meio Ambiente. Manaus, AM, 2020.
- AMAZONAS. **Unidade Gestora de Projetos Especiais - UGPE**. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus SEINFRA. Manaus: 2023a. Disponível em: <http://www.ugpe.am.gov.br/institucional/a-instituicao/>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- AMAZONAS. **Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus - Prosamim**. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Manaus, 2004. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/RIMA-PROSAMIM.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.

AMAZONAS. Lei n. 3.785/2012, de 24 de julho de 2012. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental no Estado do Amazonas.** Diário Oficial do Estado do Amazonas N. 32.363. 24 de julho de 2012. Disponível em: <https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/14264/#/p:1/e:14264>. Acesso em: 23 maio 2022.

AMAZONAS. **Reforma e modernização da AM-010 beneficia diretamente atividades de sete municípios do interior.** Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus. Seinfra. 2021. Disponível em: <http://www.seinfra.am.gov.br/reforma-e-modernizacao-da-am-010-beneficia-diretamente-atividades-de-sete-municipios-do-interior/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

AMAZONAS. **Governo do Amazonas investe em obras que desenvolvem a capital e transformam a vida da população manauara.** Secretaria de Estado de Infraestrutura. SEINFRA, 2023b. Disponível em: <https://www.seinfra.am.gov.br/governo-do-amazonas-investe-em-obras-que-desenvolvem-a-capital-e-transformam-a-vida-da-populacao-manauara/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

AMAZONAS. **Pavimentação de ramais da BR-174 entra na reta final.** Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus. Seinfra. Disponível em: <https://www.seinfra.am.gov.br/pavimentacao-de-ramais-da-br-174-entra-na-reta-final/>. Acesso em: 13 jun. 2023c.

AMAZONAS. **Sistema Viário, Duplicação da Estrada do Tarumã, cidade Manaus – AM, no trecho entre as Avenidas Santos Dumont e Torquato Tapajós** Estudo Ambiental Simplificado. Secretaria Estadual de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus. 2013. Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/DOC-15-EAS-VIARIO-ANEL-SUL.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2024.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno.** Brasília: ANA, 2017.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Portaria nº 149, de 26 de março de 2015. **Lista de termos Para o Thesaurus de Recursos hídricos da Agência Nacional de Águas.** Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar-glossario/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores.** 2. ed. Brasília: ANA, 2022.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas2017 (BHO 2017). Disponível em: <http://snirh.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2023.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Drones.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>. Acesso em: 6 jun. 2020.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamentação da ANAC sobre drones completa um ano em vigor**. <https://www.anac.gov.br/noticias/2018/regulamentacao-da-anac-sobre-drones-completa-um-ano-em-vigor>. Acesso em: 4 jun. 2020.

AQUINO, Afonso Rodrigues de.; PALETTA, Francisco Carlos.; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. (orgs.). **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520:2023**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARBOSA, Joaquim Onésimo Ferreira. **Amazônia: do paraíso perdido à primavera silenciosa**. Disponível em: <https://amazonialatitude.com/2019/07/24/amazonia-do-paraíso-perdido-a-primavera-silenciosa/>. Acesso em: 29 jul. 2019.

BARBOSA, Tatiana da Rocha. **Ocupações e a (re)produção das moradias populares em Manaus: estudos no bairro do Coroadó e Loteamento Rio Piorini**. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura). Manaus: UFAM, 2009.

BARROS, Luiz Fernando de Paula.; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. Sistemas hídricos Superficiais Continentais. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

BARROS, A. A. de O. *et al.* Estudos e avaliação dos impactos ambientais ao longo das Rodovias BR-174, AM-240 e área urbana da cidade de Manaus. Relatório de prática de campo apresentado ao programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas. Manaus: 2003.

BECKER, Bertha K. **Geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

BECKER, Bertha K.; STENNER, Claudio. **Um futuro para a Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BECKER, Bertha Koiffmann. **Surtos de Crescimento de Manaus**. Espaço Aberto.PPGG UFRJ, V.3, N.1, p. 19-44. 2013. DOI: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2013.2099>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/2099>. Acesso em 20 jun. 2021.

BELTRÃO, Otto Gilberto de Arruda; BELTRÃO, Francisco Otaviano de Arruda. **Realidades do Amazonas**. In: Enciclopédia da Amazônia Brasileira. Manaus: Pro-Eco [199-]. v 1.

BIBLIOTECA VIRTUAL DE DIREITOS HUMANOS. **Declaração Universal dos Direitos da Água – 1992**. Universidade de São Paulo. USP: 2020. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html>. Acesso em: 27 maio 2020.

BIELENKI JÚNIOR, Cláudio.; BARBASSA, Ademir Paceli. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas**. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

BIGARELA, João José. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, José Teixeira. (orgs.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado.; SILVA, Antonio Soares da. Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos.; GUERRA, Antonio José Teixeira. (orgs.). **Reflexões sobre a geografia Física no Brasil**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/leis-federais/lei-no-9-433-de-8-de-janeiro-de-1997/view>. Acesso em: 3 jun. 2021.

BRASIL. **Glossário de termos técnicos ambientais rodoviários**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. **Constituição da República Federativas do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 26 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 94.076, de 5 de março de 1987 Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1987/dec_94076_1987_programanacionalmicrobaciashidrograficas.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre o Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 25 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC: Lei 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 23 maio 2022.

BRASIL. **Mapa Multimodal Amazonas**. Ministério da Infraestrutura. Departamento de Infraestrutura de Transporte. DNIT. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/dnit-geo/mapas-multimodais/mapas-2021/am_2021.pdf/. Acesso em: 9 jul. 2023.

BRASIL. **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, Institui o novo Código Florestal**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BRASIL. **Lei Nº 7.803, de 18 de julho de 1989**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7803.htm. Acesso em: 25 jan. 2023.
BRIANEZI, Thaís. **Zona Franca de Manaus: Ame-a ou deixe-a em nome da floresta**. Manaus: Editor Valer, 2018.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão de Constituição e justiça e de Cidadania. **Projeto de Lei nº 4.778-D de 2019 Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2119883. Acesso em: 12 set. 2022.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Lei Nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14119-13-janeiro-2021-790989-norma-pl.html>. Acesso em: 22 mar. 2024.

CAMPOS ALVES, André; SILVA DE FREITAS, Ingrid; QUEIROZ DOS SANTOS, Mayara. **Análise multitemporal da expansão urbana da cidade de Manaus, Amazonas, utilizando imagens de satélite**. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, vol. 11, 2020 Universidade Federal do Ceará, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=552861694029>. Acesso em: 27 dez. 2023.

CARDOSO, Manoel Juarez Simões. **Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental na região de Manaus-Am**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. **A cidade**. 8. ed. 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2009.

CARVALHO, Lina Martins de.; CAVALCANTI, Verônica Robalinho.; SILVA, Jordânya Dannyelly do Nascimento. Expansão urbana versus planejamento em área de bacia endorréica: o bairro cidade universitária, Maceió (AL), Brasil. **4.º Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado, sustentável. Universidade do Algarve**. Faro, Portugal, 2010.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020. ISSN: 2176-5774. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/issue/archive>. Acesso em: 4 jan. 2024.

CASTRO, Leandro Felix de. **O uso da terra e a vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Sanabani no município de Silves - AM**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. 2021.
CHRISTOPHERSON, Robert. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CONTI, José Bueno.; FURLAN, Sueli Angelo. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, Jurandyr Luciano Sanche.(org.). **Geografia do Brasil**. 6ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O Espaço urbano**. 4. ed. São Paulo, SP: Ática, 2002.

COSTA, Antonio José Faria da. Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. In: FARAH, Marta Ferreira Santos.; BARBOZA, Hélio Batista (orgs.). **Novas Experiências de Gestão Pública e Cidadania**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000.

COSTA, Franklin Roberto da.; SOUZA, Raquel Franco de.; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. **Análise das vulnerabilidades natural e ambiental da bacia hidrográfica do rio Doce (RN)**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 40, n. 2, p. 459 - 475, 2021.

Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/issue/view/1136>.

Acesso em: 11 out. 2022.

COSTA, Jamerson Souza da. **Relatório de situação bacia hidrográfica do Tarumã-Açu: transformações antrópicas e qualidade da água**. 1. ed. Manaus: Ed. do Autor, 2020.

COSTA, Deusa. **Quando viver a ameaça a ordem urbana – trabalhadores de Manaus (1890/1915)**. Manaus: Editora Valer e Fapeam, 2014.

COSTA, Reinaldo Corrêa. Do lugar à totalidade: metabolismo urbano, previsão de impacto e planejamento. In: FREITAS, Carlos Machado.; GIATTI, Leandro Luiz. (org.). **Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus**. Manaus: Edua, Editora Fiocruz, 2015.

COSTA, Juarez Baldoino da. **A Amazônia e a Zona Franca de Manaus: caminhos independentes**. 1. ed. Manaus: Amazonas *Et Al*, 2021.

COSTA, Eduardo Bulcão da Silva.; SILVA.; Clauzionor Lima da.; SILVA, Márcio Luiz da. **Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus – AM**. Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 14, n. 46 Jun/2013 p. 93–100. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>. Acesso em: 7 maio 2024.

COSTANZA *et al.* The Value of The World's Ecosystem Services and Natural Capital. Vol 387115. Nature: May. 1997. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/404343194/Costanza-et-al-1997-The-value-of-the-world-s-ecosystem-services-and-natural-capital-pdf>: Acesso em: 21 mar. 2024.

COSTANZA, Robert.; GROOT, Rudolf de.; SUTTON, Paul. PLOEG, Sander van der.; ANDERSON, Sharolyn J.; KUBISZEWSKI, Ida.; FARBER, Stephen.; TURNER, R. Kerry. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**. Volume 26. 2014. Pages, 152-158. ISSN 0959-3780.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014000685>. Acesso em: 22 mar. 2024.

CPTEC/INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Previsão numérica de tempo**. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/am/manaus>. Acesso em: 6 maio 2022.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Relatório da cheia 2012** Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Manaus. Ministério de Minas e Energia – MME, 2012.

CUNHA, Giselle de Paula Queiroz.; ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta.; BRIGANTE, Janete. Potencialidades e fragilidades dos sistemas hídricos localizados na região de montante do rio Mogi-Guaçu: enfoque sobre os impactos ambientais e cumprimento da legislação ambiental vigente. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. São Paulo: 2007.

CUNHA, M. B.; BERTOL, I.; BORTOLOTTO BUCK, A. L. **Monitoramento de um aterro sanitário com o uso de veículo aéreo não tripulado**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), Rio de Janeiro, v. 57, n. 2, p. 320–332, 2022. DOI: 10.5327/Z2176-94781067. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/1067. Acesso em: 27 set. 2022.

CUNHA, Sandra Baptista da.; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação Ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia e meio ambiente**. (orgs.). 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais fluviais e a questão ambiental. GUERRA, José Teixeira. Encosta e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da.; GUERRA, José Teixeira. (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

CUNHA, Euclides da. **Amazônia – Um paraíso perdido**. 2.ª edição. Manaus: Editora Valer, 2011.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, Antonio José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista da. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

D'AVILA JUNIOR, Janio Célio Matos.; VIEIRA, Antonio Fábio Sabbá Guimarães. **Padrões pluviométricos da Cidade de Manaus-AM: 1986 a 2015**. Boletim Paulista de Geografia, nº 102, dez. 2019, p. 1-32. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/issue/view/164>. Acesso em: 15 jun. 2023.

DA SILVA, L. S.; FERRAZ, L. L.; DE SOUSA, L. F.; SILVA SANTOS, C. A.; ROCHA, F. A. **Tendência em séries hidrológicas e de mudanças no uso e cobertura da terra em uma bacia tropical do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 137–147, 2022. DOI: 10.5327/Z2176-94781097. Disponível em:

https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/1097. Acesso em: 27 set. 2022.

DIAS, Edinea Mascarenhas. **A ilusão do fausto: Manaus 1890-1920**. 3.^a edição. Manaus: Editora Valer, 2019.

DOUGHERTY, Martins, J. **Drones: guia das aeronaves não tripuladas que estão tomando conta de nossos céus**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2019.

DRONENG, Drones e Engenharia.; MAPEAR. **Mapeamento aéreo com drones aplicado a topografia**. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B64h_BNFmTbnLWdIcEtjSG50YU0/view. Acesso em: 18 maio 2020.

DRONENG, Drones e Engenharia. **Curso Online Topografia com Drones Ambiente Urbano e Rural: tire suas dúvidas**. 21 de janeiro de 2020. Disponível em: http://blog.droneng.com.br/topografia-com-drones-ambiente-urbano-e-rural-tire-suas-duvidas/?utm_campaign=sw_topografia_com_drones_nutricao_4&utm_medium=email&utm_source=RD+Station. Acesso em: 31 jul. 2020.

ELETROBRAS. **Meio ambiente**. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Meio-ambiente.aspx>. Acesso em: 11 mar. 2024.

EUCLYDES, Ana Carolina Pinheiro.; NUNES JÚNIOR, Tarcísio Tadeu.; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; Macedo, Diego Rodrigues. Proteção e recuperação de Recursos hídricos. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

EVOLTS. **Conectandouma nova história com Transparência**. Disponível em: <https://www.evoltz.com.br/portal/a-companhia>. Acesso em: 6 jan. 2023.

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

FELLIPE, Miguel Fernandes.; GOMES, Cecília Siman.; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. Nascentes e áreas úmidas. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

FERREIRA, Maria das Graças Rodrigues.; COSTA, Caroline Jácome.; PINHEIRO, Cláudio Urbano Bittencourt.; SOUZA, Eli Regina Barboza de.; CARVALHO.; Cecília Oliveira de. In: BRASIL. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste** [recurso eletrônico] Editores Lidio Coradin, Julcécia Camillo, Frans Germain Corneel Pareyn; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2018.

FLORENZANO, Teresa Galloti. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti. (org.) **Geomorfologia: Conceitos e geotecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANKEN, Wolfram Karl.; VITAL, Ana Rosa Tundis. Monitoramento físico-químico de três igarapés, após 13 anos de uso múltiplo do solo da Amazônia Central. In: FERREIRA, S. J. F.; SILVA, M. L.; PASCOALOTO, D. (Org.). **Amazônia das águas: qualidade, ecologia e educação ambiental**. Manaus: Editora Valer/Fapeam/Inpa, 2016.

FRANZINELLI, Elena.; IGREJA, Hailton Luiz Siqueira. Utilização do sensoriamento remoto na investigação na área do baixo rio Negro e grande Manaus. 6º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. v. 3. Manaus: 1990, p. 641- 648.

FREIXO, Manuel João Vaz. **Metodologia científica: fundamentos metodológicos, métodos e técnicas**. 4. ed. Portugal: Instituto Piaget, 2012.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO AMAZONAS. **Programa Ciência na Escola – PCE, 2021**. Disponível em: <http://www.fapeam.am.gov.br/editais/edital-n-o-0042021-programa-ciencia-na-escola-pce/>. Acesso em: 1 nov. 2021.

GIATTI, L. L.; FREITAS, C. M.; DESMOULIÈRE S. J. M.; MEDEIROS, M. S.; SILVA, M. B. C.; CHAGAS, M. B. R. Manaus, Cidade-Região e Capital da Amazônia: modelo de desenvolvimento e pressões sobre os ecossistemas, seus serviços e saúde humana. In: FREITAS, Carlos Machado de.; GIATTI, Leandro Luiz. (org.). **Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus**. Manaus: Edua, Editora Fiocruz, 2015.

GOMES, Sueny Ferreira.; SOUZA JÚNIOR, Armando Araújo de.; COSTA, Geraldo Vieira da. **Sol, chuva e temporal: o significado do trabalho informal sob a perspectiva dos camelôs que trabalham no centro da cidade de Manaus**. Rio de Janeiro: Revista Pensamento Contemporâneo em Administração. V. 13. N. 3 jul. set. 2019, p. 143-157.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **Amazônia, Amazônias**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

GOODLAND, J. A.; IRWIN, Howard S. **A selva amazônica: do inferno verde ao deserto vermelho?** São Paulo: E. Itatiaia, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

GOUVEIA, Rogério Gonçalves Lacerda de.; SILVA João de Deus Ferreira e.; NASCIMENTO, Raimunda Eliane Nascimento do.; ARANHA, Ana Paula Oliveira. Análise das classes de declividade para conservação do solo na bacia hidrográfica do córrego Jabuticaba/ ES. **16º Congresso Nacional do Meio Ambiente Justiça social e sustentabilidade medianizado pela economia verde 24 a 27 de setembro 2019**. Poços de Caldas -MG - Brasil ISSN on-line N° 2317-9686 – V. 11 N.1, 2019.

Disponível em:

<https://www.meioambientepocos.com.br/Trabalhos%20Cient%3%ADficos/Conserva%3%A7%C3%A3o%20dos%20Solos/06.%20An%C3%A1lise%20das%20classes%20de%20declividade%20para%20conserva%3%A7%C3%A3o%20do%20solo%20na%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20c%C3%B3rrego%20Jabuticaba.pdf>.

Acesso em jan. 2024.

GROBE, Cristiana Maria Petersen. **Manaus e seus Igarapés: A construção da cidade e suas representações (1880-1915)**. Dissertação (mestrado em História) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2014.

GRUPO NC. **Novamed inaugura fábrica em Manaus (AM)**. 25 de agosto de 2014.

Disponível em: <https://www.gruponc.net.br/noticia/novamed-inaugura-fabrica-em-manaus-am>. Acesso em: 6 jan. 2023.

GUERRA, José Teixeira. Encosta e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da.; GUERRA, José Teixeira. (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia e meio ambiente**. (orgs.) 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista. (orgs.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. (orgs.) 6ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, José Teixeira.; CUNHA, Sandra Baptista da. (orgs.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, José Teixeira.; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUILLEN, Isabel Cristina Martins. **A batalha da borracha: propaganda política e migração nordestina para a Amazônia durante o estado novo**. Revista de Sociologia e Política nº 9 1997. Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR, pp. 95-102.

Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rsp/article/viewFile/39301/24120>. Acesso em: 25 jul. 2021.

G1 GLOBO.COM. **Julgado superfaturado, monumento de R\$ 5,5 mi está abandonado, no AM**. Disponível em:

<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2016/07/julgado-superfaturado-monumento-de-r-55-mi-esta-abandonado-no-am.html>. Acesso em: 18 out. 2022.

HOPY BAY PARK. Disponível em: <https://www.hopebaypark.com.br/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de referência**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/bases-e-referencias/bases-cartogr%C3%A1ficas/carta.html>. Acesso em: 22 maio 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Ministério do Planejamento, Orçamento e gestão. Manuais Técnicos em Geociências, nº. 7 – 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018**. Ministério da Economia. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais Rio de Janeiro, 2020a.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas de setores censitários**. 2021a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=35544&t=o-que-e>. Acesso em: 20 mar. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recenseamento do Brasil 1872-1920**. Rio de Janeiro: Diretoria Geral de Estatística, [187?] – 1930.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010a**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 2 jun. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010b**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=6>. Acesso em: 2 set. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso em: 10 maio 2021b.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Aglomerados subnormais 2019: classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020b. Disponível em: <https://covid19.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 maio 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios, 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/pesquisa/38/47001?ano=2018>. Acesso em: 1 nov. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2021c.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 1940-2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950-2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. CBERS**. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cbbers04a.php>. Acesso em: 7 mar. 2022.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Topodata: Geomorfometria da América do Sul**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 22 maio 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento e saúde na região Norte**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e-saude-na-regiao-norte>. Acesso em: 6 out. 2021.

IPAAM. INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS. **Licença de Instalação L.I. n° 141/13-02**. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/100321-LI-N%C2%BA-141-13-02-Construtora-Etam-Ltda.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2023.

IPAAM. INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS. **Licença de Instalação – L. I. 046/2021**. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/050821-LI-N%C2%BA-046-2021-Steel-BR-Amazonia-Fabricacao-de-Produtos-Trefilados-de-metal.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2023.

IPT/SGB. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO/SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: 1:25.000, nota técnica explicativa**. São Paulo: IPT, Brasília: CPRM, 2014.

JCAM. **3M inaugura nova fábrica em Manaus**. Jornal do Comércio, 2015. Disponível: <https://www.jcam.com.br/noticias/3m-inaugura-nova-fabrica-em-manaus/>. Acesso em: 6 jan. 2023.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Manaus comemora 337 anos com resgate da história dos bairros**. Manaus, terça-feira, 24 de outubro de 2006. Edição n° 39.675.

KOUAKOU, Remi N'Dri.; SILVA, Jorge Xavier da. Geoprocessamento aplicado à avaliação de geopotencialidade agroterritorial. In: SILVA, Xavier da.; ZAIDAN, Ricardo Tavares (orgs.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

KUWAHARA, Mônica Yukie. Resíduos sólidos, desenvolvimento sustentável e qualidade de vida. In: SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; TONETO JÚNIOR, R. (org.). **Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal n° 12.305 (lei de resíduos sólidos)**. Barueri, São Paulo: Minha Editora, 2014.

LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LEITE, Emerson Figueiredo.; BEREZUK, André Geraldo.; SILVA, Charlei Aparecido da. **A vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miranda, Mato Grosso do Sul**. Revista Brasileira de Geografia Física v.15, n.05, 2022, p. 2613-2639. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 20 out. 2022.

LEMOS, Rodrigo Silva.; CÂCERES, Natália Duarte.; NUNES JÚNIOR, Tarcisio Tadeu.; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. Planejamento e Gestão de recursos hídricos. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

LIMA, Eudes Ferreira.; SILVA FILHO, Jeremias Pereira da.; ARAÚJO, Aryane Florinda de Souza. **Dicionário de termos técnicos usados em Ecologia**. Parnaíba, 2016.

LIMA, Gabriela Marcomini de. **Gestão de recursos hídricos e bacias hidrográficas**. Londrina: Londrina Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

LINS NETO, N. F. A.; VIANA, A. L.; SILVA, J. R. C.; SANTOS, R. M. S.; SILVA, N. M. A. Zona Franca de Manaus como Modelo? Economia, sociedade e ambiente versus os ODS. In: SILVA, José Roselito Carmelo da.; VIANA, Álefe Lopes.; LINS NETO, Nelson Felipe de Albuquerque.(orgs.). **Percepção socioambiental nas múltiplas áreas do conhecimento**. Curitiba: CRV, 2019.

LOUSADA, Sérgio António Neves.; CAMACHO, Rafael Freitas. **Hidrologia, recursos hídricos e ambiente: aulas teóricas**. Edição 1ª. V. 1. Arquipélago da Madeira: Editora Universidade da Madeira, 2018.

LUZ, S. L. B.; ALMEIDA, L. L.; SILVA, M.; MIAGOSTOVICH, M. P.; LEITE, J. P. G.; PAULA, V. S.; GASPARGAR, A.; DINIZ-MENDES, L.; NIEL, C.; HAMADA, N. COUCEIRO, S. Avaliação da integridade biológica de igarapés urbanos do município de Manaus. In: FREITAS, Carlos Machado de.; GIATTI, Leandro Luiz. **Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus**. Manaus: Edua, Editora Fiocruz, 2015.

MACEDO, Diego Rodrigues. **Avaliação de Projeto de Restauração de Curso d'água em Área Urbanizada: estudo de caso no Programa Drenurbs em Belo Horizonte**. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais: UFMG, 2009.

MACEDO, Diego Rodrigues.; LIMA, Letícia dos Santos. Geotecnologias e recursos hídricos. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

MACHADO, Pedro José de Oliveira.; TORES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MAGALHAES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo.; FELLIPE, Miguel Fernandes. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira.; LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. (orgs.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

MANAUS. Secretaria Municipal de Infraestrutura. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus**. Manaus, AM, 2014a.

MANAUS. **Plano de mobilidade urbana de Manaus**. Vol. I. Manaus: Prefeitura de Manaus, 2015.

MANAUS. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB**. Cidade de Manaus, Prefeitura Municipal, 2014b.

MANAUS. **Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus**. DOM N° 3332 – Edição Especial. Manaus, quinta-feira, 16 de janeiro de 2014c.

MANAUS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas: PERH/AM**. Resumo executivo. Manaus, AM: Secretaria do Meio Ambiente, 2020.

MANAUS. **Secretaria Municipal de Limpeza Pública**. Disponível em: <https://semulsp.manaus.am.gov.br/servicos/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MANAUS. **Código Ambiental do Município de Manaus: sancionado em 24 de julho de 2001**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Manaus: Monkpel, 2001.

MANAUS. **Decreto nº 1.502 de 27 de março de 2012**. DOM Edição 2897. Manaus, 2012.

MANAUS. **Lei nº 1838, de 16 de janeiro de 2014d - dispõe sobre as normas de uso e ocupação do solo no município de Manaus e estabelece outras providências**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/am/m/manaus/lei-ordinaria/2014/184/1838/lei-ordinaria-n-1838-2014-dispoe-sobre-as-normas-de-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-manaus-e-estabelece-outras-providencias>. Acesso em: 26 abr. 2023.

MANAUS. Lei nº 1401 de 14 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a criação e a divisão dos bairros da cidade de Manaus, com estabelecimento de novos limites, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Manaus**. Ano XI, Edição 2365. Manaus, AM, 14 jan. 2010.

MANAUS. **Lei nº 672/2002 - Institui as Normas de Uso e Ocupação de Solo no Município de Manaus, Estado do Amazonas, e dá outras providências**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/am/m/manaus/lei-ordinaria/2002/68/672/lei->

ordinaria-n-672-2002-institui-as-normas-de-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-manaus-estado-do-amazonas-e-da-outras-providencias. Acesso em: 26 abr. 2023.

MANAUS. Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Semmas**. Disponível em: <https://semmas.manaus.am.gov.br/areas-protegidas/>. Acesso em: 10 out. 2023.

MARCHESAN, Jairo.; FUNEZ, Leonilda Maria. **Gestão da água em bacias hidrográficas: práxis coletiva de educação ambiental**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2017.

MARINHO, Rogério Ribeiro. **Integração de dados de campo e sensoriamento remoto no estudo do fluxo de água e matéria no arquipélago de Anavilhanas, Rio Negro - Amazonas, Brasil**. Tese (doutorado). Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente. INPA, 2019.

MAURANO, Luis Eduardo Pinheiro.; ESCADA, Maria Isabel Sobral.; RENNO, Camilo Daleles. **Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira**. Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1763-1775, out./dez. 2019 ISSN 1980-5098 DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509834380>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/hLKygNRzYwPxx7j5yzbpzkM/>. Acesso em: 28 maio 2024.

MELO, Mencius. **Antes de contaminação, igarapés e balneários urbanos eram opções de lazer durante verão amazônico**. 21 de agosto de 2020. Revista Cenarium Amazônia. Disponível em: <https://revistacenarium.com.br/antes-de-contaminacao-igarapes-e-balnearios-urbanos-eram-opcoes-de-lazer-durante-verao-amazonico/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

MELO, Sirley de Fátima dos Santos de. **Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: o Caso da Bacia do Tarumã-Açu**. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC: 2017.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** São Paulo: Contexto, 2015.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 9. ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

MENEZES, Alik. **Poluição está ‘matando’ o Igarapé da Bolívia, na Zona Norte da cidade**. Manaus: A Crítica, 2017. Disponível em: <https://www.acritica.com/channels/manaus/news/poluicao-esta-matando-o-igarape-da-bolivia-na-zona-norte-da-cidade>. Acesso em: 1 set. 2018.

MENSURAR JÚNIOR. **Fotogrametria**. Associação Júnior da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). 2021. Disponível em: https://www.mensurarjunior.com/post/fotogrametria?gclid=Cj0KCQiA54KfBhCKARIsAJzSrdv4Szy8frfeW25Du33fQe00AiS1pD1je6OzphHwpLNdKS3ukVLCEgaApUMEALw_wcB. Acesso em: 6 jan. 2023.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Glossário de termos e expressões relacionados à gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2ª edição. Belo Horizonte: Igam, 2012.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **MPF entra com ação contra loteamento clandestino Paraíso dos Lagos, em Manaus (AM)**. 12 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/am/sala-de-imprensa/noticias-am/mpf-entra-com-acao-contraloteamento-clandestino-paraiso-dos-lagos-em-manaus-am>. Acesso em: 10 maio 2023.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO AMAZONAS. **Lei n° 3.785/12 - Licenciamento ambiental no Estado do Amazonas**. Disponível em: <https://www.mpam.mp.br/memorial/58-cao-prodemaph-urb-legislacao/estadual/4819-lei-nd-378512-licenciamento-ambiental-no-estado-do-amazonas>. Acesso em 11 maio 2023.

MIRANDA, Alair dos Anjos Silva de. Políticas públicas e o discurso do neoliberalismo e da globalização. In: _____. OLIVEIRA, Evandro Cantanhede de; HEYER, Ligia Fonseca. **Políticas públicas e a questão ambiental no Estado do Amazonas**. Manaus: Sociedade de Desenvolvimento Cultural do Amazonas -SODECAM, Uninorte/Laureate, 2009.

MIRANDA, Michel Jader de Oliveira. **O uso de geotecnologias na análise temporal do processo de expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do Puraquequara: Manaus-AM**. Dissertação (mestrado em Geografia). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2017.

MONTEIRO, Mário Ypiranga. **História da Cultura Amazonense: I e II**. Manaus: Fundo Municipal de Cultura, 2016.

MORAES, M. E. B. de.; LORANDI, Reinaldo. (org.). **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus, BA: Editus, 2016.

MOREIRA, Elizany Monteiro. **APA Tarumã Ponta Negra: O papel sociopolítico do Conselho Gestor na construção do seu futuro**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

NAGHETTINI, Mauro.; PINTO, Éber José de Andrade. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NASCER E PÔR DO SOL EM MANAUS. Disponível em: <https://www.sunrise-and-sunset.com/pt/sun/brasil/manaus/2022/maio>. Acesso em: 6 maio 2022.

NASCIMENTO, Leonice Bazzi do. **Jogo de interesses ou gritos de liberdade: a disputa pelo Vale do Madeira durante o período de extração da borracha 1870 – 1920**. Revista Labirinto, Ano XVII, Vol. 26 (Jan-Mar), 2017, pp. 407-427. DOI: <https://doi.org/10.47209/1519-6674.v26.n.1>. Disponível em:

<https://periodicos.unir.br/index.php/LABIRINTO/issue/view/302>. Acesso em: fev. 2021.

NASCIMENTO, Eveline Maria Damasceno do. **Parque Municipal do Mindu: um olhar para a sua problemática ambiental**. Manaus: Edua, 2013.

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

NOTTE, Alessandra La.; D'AMATO, Dalia.; MÄKINEN, Hanna.; PARACCHINI, Maria Luisa.; LIQUETE, Camino.; EGOH, Benis.; GENELETTI, Davide.; CROSSMAN, Neville D. **Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework**. *Ecological Indicators*. Volume 74. 2017, Pages 392-402. ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X16306677>. Acesso em: 22 mar. 2024.

NOVO, Evlyn Márcia L. de M. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, Márcio Luiz de; BACCARO, Fabrício B.; BRAGA-NETO, Ricardo; MAGNUSSON, William E. (Org.). **Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade**. Manaus: Áttema Design Editorial, 2008.

OLIVEIRA, Janiel Lopes de.; FEHR, Manfred. **Análise da vulnerabilidade erosiva para a bacia hidrográfica do Ribeirão Conquistinha no Oeste de Minas Gerais, Brasil**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.12, n.07, 2019, p. 2428-2444. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/issue/view/2897>. Acesso em: 10 out. 2022.

OLIVEIRA, José Aldemir de.; PEREIRA DA COSTA, Danielle. **A análise da moradia em Manaus (AM) como estratégia de compreender a cidade**. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2007, vol. XI, núm. 245 (30). [ISSN: 1138-9788]. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-24530.htm>. Acesso em: 15 jun. 2020.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de.; OLIVEIRA, Marcio Mattos Borges de. Tecnologias disponíveis para o tratamento ou a disposição adequada de resíduos sólidos urbanos. In: SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; TONETO JÚNIOR, R. (org.). **Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos)**. Barueri, São Paulo: Minha Editora, 2014.

OLIVEIRA, Márcio Luiz de.; BACCARO, Fabrício B.; BRAGA-NETO, Ricardo.; MAGNUSSON, William E. (org.). **Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade**. Manaus: Editora INPA, 2011.

PADILHA, Rinaldo Marques.; SOUZA, Célia Alves de. Características morfométricas do relevo e drenagem da bacia hidrográfica do rio Carapá nos municípios de Colíder e Nova Canaã do Norte – MT. Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. **XVII Simpósio. I Congresso.** 28 de junho à 02 de julho de 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.1777 - ISBN 978-85-85369-16-3. Acesso em: 27 de abr. 2024.

PASCOALOTO, Domitila.; SOARES, Climéia Corrêa. Comunidades de algas e qualidade da água em igarapés urbanos de Manaus-AM. In: FERREIRA, Sávio José Filgueiras.; SILVA, Márcio Luiz da.; PASCOALOTO, Domitila. (org.). **Amazônia das águas: qualidade, ecologia e educação ambiental.** Manaus: Editora Valer/Fapeam/Inpa, 2016.

PEREIRA DA COSTA, Danielle.; OLIVEIRA, José Aldemir de. **Conjuntos Habitacionais e a expansão urbana de Manaus. filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais.** Mercator - Revista de Geografia da UFC.[em línea] vol. 6(11), 2007, pp. 33-47. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620627005>. Acesso em: 27 jun. 2020.

PEREIRA DA COSTA, Danielle.; SCHMITT, Jair. A geografia urbana de Manaus: desafios para mobilidade e circulação. **4. Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado, sustentável.** Universidade do Algarve. Faro, Portugal, 2010.

PEREIRA, Deusamir. **Amazônia (in)sustentável: Zona Franca de Manaus – estudo e análise.** Manaus: Editora Valer, 2006.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. Geodiversidade. In: MAIA, Maria Adelaide Mansini.; MARMOS, José Luiz. (orgs.). **Geodiversidade do estado do Amazonas.** Manaus: CPRM, 2010.

PIRES, José Salatiel Rodrigues.; SANTOS, José Eduardo dos & DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre.; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. (orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus. Ba: Editus, 2002.

PIRES, Elane de Azevedo.; CALEGARE, Marcelo Gustavo Aguilár. A habitação de interesse social no Brasil e sua expressão em Manaus. In: **Novos Cadernos NAEA**, v. 20, n. 3 – setembro-dezembro, 2017 – Belém. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/UFGA, 2016.

POTT, V.J.; POTT, A. **Buriti -Mauritia flexuosa. Fauna e Flora do Cerrado.** Campo Grande, outubro 2004. Disponível em: <http://cloud.cnpqc.embrapa.br/faunaeflora/plantas-uteis/buriti-mauritia-flexuosa>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PRESS, Frank,; STEVER, Raymond,; GROTZINGER, John,; JORDAN, Thomas H. **Para entender a Terra.** Tradução Rualdo Menegat. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUEIROZ, Matheus Silveira de.; BATISTA, Selma Paula Maciel.; NETO, Antonio Gomes Tomaz; ALVES, Neliane de Sousa. Expedição Mindu: análise geográfica do igarapé do Mindu. In: ALBUQUERQUE, Carlossandro Carvalho de.; BATISTA, Ieda Hortêncio. (org.). **Anais** [do] 7.º Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável de Bacias Hidrográficas. Manaus, 02 a 05 de outubro de 2019. Boa Vista: Editora da UFRR, 2020. 1720 pp. 922-930.

REY, Kamyle Medina Monte. **Zona Franca de Manaus: análise dos 50 anos de atuação estatal no âmbito da Suframa em busca da promoção do desenvolvimento da Amazônia**. Dissertação (mestrado) Programa de Mestrado Profissional em Governança e Desenvolvimento. Escola Nacional de Administração Pública. Brasília, 2019.

RIBEIRO FILHO, Vitor. **Mobilidade residencial em Manaus: uma análise introdutória**. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1999.

RIKER, Silvio Roberto Lopes. Recursos minerais. In: MAIA, Maria Adelaide Mansini.; MARMOS, José Luiz. (orgs.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010.

RIKER, Silvio Roberto Lopes.; LIMA, Felipe José da Cruz.; MOTTA, Marcelo Batista.; SILVA, Desaix Paulo Balieiro. **Geologia e recursos minerais da região metropolitana de Manaus, Estado do Amazonas, escala de integração 1:500.000**. Manaus: CPRM, 2016.

ROCHA, Alzilene Teixeira da. **Gestão da água em Manaus: proposta de criação do comitê da bacia hidrográfica do lago do puraquequara**. Dissertação (mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2014.

RODRIGUES, Gilberto Aparecido.; CARLETO, Nivaldo.; SANTOS, Gilmar Oliveira. **Geração um de mapa hipsométrico da bacia hidrográfica de Taquaritinga/SP**. Interface Tecnológica, 2020, p. 492-504. DOI: 10.31510/infa.v17i1.824. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/issue/view/22>. Acesso em: 16 jan. 2024.

ROSS, Jurandy Luciano Sanche. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

ROSS. Jurandy Luciano Sanches. (org.). **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2009.

RUBIM, Maria Anete Leite; FERRAZ, Lídia Rochedo. (org.). **Puraquequara em mosaico [recurso eletrônico]: histórias, vidas e recursos naturais**. Manaus: FUA, 2020.

SAIANI, Carlos César Santejo.; TONETO JÚNIOR, Rudinei. Manejo dos resíduos sólidos no Brasil: desigualdades e efeitos sobre a saúde In: SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; TONETO JÚNIOR, R. (org.). **Resíduos sólidos no Brasil**:

oportunidades e desafios da lei federal n° 12.305 (lei de resíduos sólidos). Barueri, São Paulo: Minha Editora, 2014.

SANCHES, Patrícia Mara. **De áreas degradadas a espaços vegetados.** São Paulo: Editora Senac. São Paulo, 2014.

SANTA CATARINA. **Sistema de informações de recursos hídricos do estado de Santa Catarina.** Disponível em: <https://www.aguas.sc.gov.br/segrhsc/sistema-estadual>. Acesso em: 29 set. 2022.

SANTIAGO, Cristiane Maria Cordeiro. **Análise de vulnerabilidade dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio São Nicolau-semiárido piauiense.** Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

SANTOS, Milton. **A urbanização Brasileira.** 5. ed. 1. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SANTOS, Milton. **O espaço do cidadão.** 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, Milton. **Da totalidade ao lugar.** 1. ed. 2. reimpr. Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

SANTOS, Maria do Carmo Neves dos. **Os impactos provocados pela exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil na área do Tarumã - Município de Manaus.** Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2001.

SANTOS, Roberto. **História econômica da Amazônia: 1800-1920.** 2ª edição ampliada. Organização: Tenório Telles. Manaus: Editora Valer, 2019.

SCHWEICKARDT, Júlio Cesar. O urbano e a saúde pública em Manaus, 1890-1930. In: FREITAS, Carlos Machado de.; GIATTI, Leandro Luiz. (org.). **Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus.** Manaus: Edua, Editora Fiocruz, 2015.

SEMMAS. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Áreas protegidas.** Disponível em: <https://semmas.manaus.am.gov.br/areas-protegidas/>. Acesso em: 25 maio 2022.

SERRÃO, João Felipe. **Ampliação de complexo um dos últimos fragmentos florestais urbanos em Manaus.** Oeco. 2022 viário ameaça. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/ampliacao-de-complexo-viario-ameaca-um-dos-ultimos-fragmentos-florestais-urbanos-em-manaus/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SGB/CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Cartografia geotécnica de aptidão à urbanização da zona de expansão e da zona de baixa ocupação da cidade**

de Manaus. Manaus, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21722>. Acesso: 28 nov. 2023.

SGB/CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Seca na Região Amazônica.** Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publicue/Hidrologia/Eventos-Criticos/Seca-na-Regiao-Amazonica-8328.html#:~:text=A%20regi%C3%A3o%20Amaz%C3%B4nica%20est%C3%A1%20passando,de%20precipita%C3%A7%C3%A3o%20na%20regi%C3%A3o%20Amaz%C3%B4nica>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SILVA, Neliton Marques da.; BENTES JUNIOR, Jeú Linhares. Uso, ocupação e manejo das bacias hidrográficas urbanas de Manaus: a microbacia do igarapé do Tarumã. In: FREITAS, Carlos Machado de.; GIATTI, Leandro Luiz. (org.). **Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus.** Manaus: Edua, Editora Fiocruz, 2015.

SILVA, J.R.C. da; SCUDELLER, V. V. **Os ciclos econômicos da borracha e a Zona Franca de Manaus: expansão urbana e degradação das microbacias.** Investigação, Sociedade e Desenvolvimento , [S. l.] , v. 11, n. 6, pág. e33611629103, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29103. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29103>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SILVA, José Roselito Carmelo da.; ARAÚJO, Charles Silva de. Imageamento por Aeronave Remotamente Pilotada para identificação e classificação de voçoroca no Cemitério Indígena no Bairro Nova Cidade na Zona Norte de Manaus-AM. In: SILVA, José Roselito Carmelo da.; VIANA, Álefe Lopes.; LINS NETO, Nelson Felipe de Albuquerque. (orgs.). **Percepção socioambiental nas múltiplas áreas do conhecimento.** Curitiba: CRV, 2019.

SILVA, José Roselito Carmelo da.; ARAÚJO, Charles Silva de.; REBOUÇAS, Darler Júnior Pereira. **O uso de aeronave remotamente pilotada nas aulas práticas de estudo do relevo e de impactos ambientais.** Educitec, Manaus, v. 04, n. 08, p. 307-325, nov. 2018. Edição especial. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/527>. Acesso em: 6 jun. 2020.

SILVA, José Roselito Carmelo da.; ARAÚJO, Charles Silva de.; SOUZA, Ismael Gaspar de.; FONTE, Maicon Sousa. **Estudo dos impactos ambientais em microbacia ocasionado pelas obras de construção do Conjunto João Paulo II na Zona Norte de Manaus – AM.** Revista Brasileira de Geografia Física. v.10, n.01 (2017) 150-159. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 6 jun. 2020.

SILVA, José Roselito Carmelo da.; VIANA, Álefe Lopes.; LINS NETO, Nelson Felipe de Albuquerque. Parque Municipal das Nascentes do Mindu: percepções socioambientais de fragilidades e potencialidades. In: SILVA, José Roselito Carmelo da.; VIANA, Álefe Lopes.; LINS NETO, Nelson Felipe de Albuquerque. (orgs.). **Percepção socioambiental nas múltiplas áreas do conhecimento.** Curitiba: CRV, 2019.

SILVA, Michele Pereira da. **Potencialidades e fragilidades da gestão de recursos hídricos: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense: Criciúma, 2019.

SILVA ARAÚJO, Emanuelle. **Desenvolvimento urbano local: o caso da Zona Franca de Manaus**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 1, núm. 1, enero-junio. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Paraná, Brasil, 2009, pp. 33-42. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1931/193114456004.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

SILVA, Alexandre Marco.; SCHULZ, Harry Edmar.; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMA, 2004.

SILVA, Márcio Luiz da.; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. Recursos Hídricos. In: _____. (org.). **Água mineral: Região Metropolitana de Manaus**. Valer/Fapeam/Inpa, 2016.

SILVA, José Roselito Carmelo da. **Impactos ambientais da exploração de areia na microbacia do igarapé do Mariano no município de Manaus-AM**. Jundiá: Paco Editorial, 2016.

SILVA NETO, Manoel. **Para que serve o GSD?** 15 de abril de 2016. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/gsd/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2007.

SILVA, Jorge Xavier da.; ZAIDAN, Ricardo Tavares. (org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

SINDICADO DOS METALÚRGICOS DO AMAZONAS. Disponível em: <https://www.sindmetal-am.org.br/balneario-dos-metalurgicos-e-opcao-de-lazer-nestas-ferias/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SIOLI, Haraldi. **Amazônia: Fundamento da ecologia da maior região de florestas tropicais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1991.

SOARES, Marcelo. **Com mais de 700 empresas, setor de drones vive aquecimento**. Folha de São Paulo. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/05/1887314-com-mais-de-700-empresas-setor-de-drones-vive-aquecimento.shtml>. Acesso em: 6 jun. 2018.

SOUSA, Ridelson Farias de.; FALCÃO, Ermano Cavalcante.; COSTA, Ewerton Vólney da Silva. Metodologia para diagnóstico do uso e ocupação do solo utilizando geotecnologias. In: SOUSA, Ridelson Farias de.; FALCÃO, Ermano Cavalcante. (orgs.). **Geoprocessamento aplicado: contexto multidisciplinar**. João Pessoa: IFPB, 2017.

SOUSA, Norma Maria Bentes de. **Urbanização do Amazonas entre o passado e o presente: a manutenção da primazia urbana de Manaus**. Tese (doutorado). Instituto

de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, Joazadaque Lucena. **Morfodinâmica e processos superficiais das unidades de relevo da planície do Recife**. Dissertação (mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SOUZA, Leno Barata. Cidade Flutuante: uma Manaus sobre as águas. **URBANA: Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade**, Campinas, SP, v. 8, n. 2, p. 115–146, 2016. DOI: 10.20396/urbana.v8i2.8642607.

Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/urbana/article/view/8642607>. Acesso em: 5 jul. 2024.

STEVAUX, José Cândido.; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, Arthur Newell. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. *Transactions, American Geophysical Union*. v. 38. No. 6 p. 913-920. 1957. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Quantitative-analysis-of-watershed-geomorphology-Strahler/3ca6892addbb48f2858886f6380a194671410386>. Acesso em: 25 abr. 2024.

SUFRAMA. **Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2015-2020**.

Disponível em: https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno_indicadores_janeiro_novembro__gerado_em_01-02-2021_.pdf. Acesso em: 13 set. 2021.

TACK, Elcivania da Silva.; BARBOSA, Helena Doris de Almeida.; NASCIMENTO, Vânia Lúcia Quadros.; PINTO, Paulo Moreira. **O turismo balnear na Amazônia: realidades e perspectivas em Bragança (PA)**. *Revista Iberoamericana de Turismo-RITUR*, Penedo, Volume 10, Número 1, jun. 2020, p. 107-129. Disponível em: <http://www.seer.ufal.br/index.php/ritur>. Acesso em: 20 abr. 2023.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho. Risco geológico. In: MAIA, Maria Adelaide Mansini.; MARMOS, José Luiz. (orgs.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010.

TEIXEIRA, Pedro Aurélio. **Eletrobras conclui venda de participação na Manaus Transmissora para Evoltz**. Canalenergia. 4 de setembro de 2020. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53146295/eletrobras-conclui-venda-de-participacao-na-manaus-transmissora-para-evoltz>. Acesso em: 6 jan. 2023.

TEODORO, Valter Luiz Iost.; TEIXEIRA, Denilson.; COSTA, Daniel Jadyr Leite.; FULLER, Beatriz Buda. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1), 137-156. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236> 20, 2007. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/issue/view/14>. Acesso em: 6 jun. 2021.

TEUBNER JUNIOR, Fernando Jakes.; BARROSO, Gilberto Fonseca. Evolução do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do sistema estuarino da Baía de Vitória - SEBV e implicações para o gradiente flúvio-estuarino. In: TULLIO, Leonardo. (org.). **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto**. V. 1. Ponta Grossa (PR) Atena Editora, 2018.

TOCANTINS, Leandro. **Amazônia, natureza, homem e tempo: uma planificação ecológica**. 3 ed. Manaus: Editora Valer, 2020.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira.; MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUNDISI, José Galizia.; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

VALLE, Arthemisia de Souza.; OLIVEIRA, José Aldemir de. A cidade de Manaus: análise da produção do espaço urbano a partir dos igarapés. In: OLIVEIRA, José Aldemir de.; ALECRIM, José Duarte.; GASNIER, Thierry Ray Jehlen. **Cidade de Manaus: visões interdisciplinares**. Manaus: EDUA, 2003.

WWF. **Maior cheia da história do Rio Negro alaga cidades e afeta mais de 455 mil pessoas**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?78988/Maior-cheia-da-historia-do-Rio-Negro-alaga-cidades-e-afeta-mais-de-455-mil-pessoas>. Acesso em 14 jun. 2023.

XIMENES, Antonio. **CooperSol inaugura 2.880 painéis de energia solar na AM-010**. ACRÍTICA.COM. 11/04/2021. Disponível em: <https://www.acritica.com/coopersol-inaugura-2-880-paineis-de-energia-solar-na-am-010-1.18300>. Acesso em: 28 nov. 2022.

ZANOTTA, Daniel.; ZORTEA, Maciel.; FERREIRA, Matheus Pinheiro. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.