



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



MICHAEL GUIMARÃES DE SOUZA

ESTUDO BIOGEOGRÁFICO SOBRE ALGAS DIATOMÁCEAS COMO  
BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS IGARAPÉS DE MANAUS-AM

MANAUS – AMAZONAS

2025

MICHAEL GUIMARÃES DE SOUZA

ESTUDO BIOGEOGRÁFICO SOBRE ALGAS DIATOMÁCEAS COMO  
BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS IGARAPÉS DE MANAUS-AM

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGEOG, Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais – IFCHS da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Domínios da Natureza na Amazônia

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adorea Rebello da Cunha Albuquerque.

MANAUS - AMAZONAS

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

---

S729e Souza, Michael Guimarães de  
Estudo biogeográfico sobre algas diatomáceas como  
bioindicadores da qualidade ambiental dos igarapés de Manaus  
/AM / Michael Guimarães de Souza. - 2025.  
132 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Adorea Rebello da Cunha Albuquerque.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Manaus, 2025.

1. Biogeografia. 2. Geotópo. 3. Diatomáceas. 4. Manaus. I.  
Albuquerque, Adorea Rebello da Cunha. II. Universidade Federal  
do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.  
Título

---

MICHAEL GUIMARÃES DE SOUZA

ESTUDO BIOGEOGRÁFICO SOBRE ALGAS DIATOMÁCEAS COMO BIOINDICADORES  
DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS IGARAPÉS DE MANAUS-AM

Tese de Doutorado apresentada a Universidade Federal do Amazonas, no Programa de Pós-graduação em Geografia/PPGEO/DEGEO, como requisito obrigatório para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Aprovado em 02 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Adorea Rebello da Cunha Albuquerque  
Presidente - Universidade Federal do Amazonas / PPGEOG

---

Profª Dra. Jesuete Pacheco Brandão  
Membro Titular Interno - Universidade Federal do Amazonas / PPGEOG

---

Prof. Dr. João Candido André da Silva Neto  
Membro Titular interno - Universidade Federal do Amazonas / PPGEOG

---

Prof. Dr. Messias Modesto dos Passos  
Membro Titular Externo - (UNESP-Pres.Prudente)

---

Prof. Dr. José Camilo Ramos de Souza  
Membro Titular Externo - (UEA-Parintins)

Manaus /2025

*Dedicatória*

Para minha Mãe, Maria da Conceição  
Guimarães de Souza, (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho, em especial:

A Universidade federal do Amazonas-UFAM.

A todos os professores do departamento de geografia que contribuem de forma direta para a manutenção de um ensino superior de qualidade.

A Prof.<sup>a</sup> Dra. Adorea Rebello, pela orientação, apoio e incentivo na realização deste trabalho.

A minha mãe, por sempre acreditar na importância do estudo e por sempre me apoiar e me incentivar.

As minhas irmãs, que com certeza sempre torcem por mim.

Ao meu sobrinho Vinícios de Souza por trilhar os caminhos da geografia

A Adriana Brasil por compreender minhas ausências na escola.

A Alexandro Moreno pela ajuda nos trabalhos de campo.

A Maria Eduarda pelo carinho e compreensão e por mais me ensinar do que aprender comigo.

## EPÍGRAFE

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas.  
Isso é perfeitamente aceitável,  
eles são a abertura para achar as que estão certas”.

Carl Sagan 1934 - 1996

## RESUMO

As algas diatomáceas são um grupo fascinante de organismos aquáticos que desempenham importante papel nos ecossistemas marinhos e de água doce. Caracterizadas por suas paredes celulares únicas, compostas por dois compartimentos de sílica, consistem em uma das principais fontes produtoras de fitoplâncton. Ao compor estruturas fundamentais nos ambientes de água doce, contribuem para a saúde e o equilíbrio desses ecossistemas. Sua importância ecológica, como indicadores ambientais, destaca a necessidade de proteger e conservar esses organismos vitais. As diatomáceas, contribuem para a produção de oxigênio e ciclo do carbono no planeta. Sua diversidade e adaptabilidade se remete acerca de 20.000 espécies identificadas até o momento, variando desde formas microscópicas até espécies visíveis a olho nu. Para monitoramentos ambientais as algas constituem-se em indicadores de qualidade da água, pois são capazes de responder às variações ambientais. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise biogeográfica na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindú, mapeando e analisando variáveis bióticas e abióticas, identificando geótopos propícios às colônias de diatomáceas. A abordagem metodológica incluiu a revisão bibliográfica para o referencial teórico, a observação e as coletas de amostras em campo, bem como o georreferenciamento dos tipos de geótopos. Além disso, realizaram-se estudos morfométricos e laboratoriais para identificação do gênero, utilizando manuais e outras pesquisas na mesma linha. Foram coletadas 24 amostras ao longo de dois anos em nove pontos. As amostras foram tratadas e comprovadas em laboratório, onde foi possível a identificação do gênero dominante na bacia (*Pinnularia*). Este resultado pode-se incorporar que a unidade geomorfológica mais propícia à espécie foi o fundo de vale, com cotas altimétricas de 60 a 18 metros. A interpretação de dados climáticos de 2022/2023 possibilitou identificar as médias de temperatura do ambiente (28,22°C), umidade relativa do ar (75,40%) e variações (0,22 mm). Seguindo-se de outras variáveis físicas como temperatura da água (25,97°C), nível da água (29 cm) e pH (5,6). As variáveis testadas descrevem um ambiente ideal para a manutenção de colônias de diatomáceas do gênero *Pinnularia*. Com relação à distribuição ao longo da bacia, temos uma uniformidade. A forte influência humana apresenta uma baixa diversidade quando comparada a rios em ambientes “naturais”, ou seja, menor interferência antrópica, onde é oferecido um maior número de espécies.

**Palavras-chave:** Biogeografia; Geótopo; Diatomáceas; Manaus

## ABSTRACT

Diatomaceous algae are a fascinating group of aquatic organisms that play an important role in marine and freshwater ecosystems. Characterized by their unique cell walls, composed of two silica compartments, they are one of the main sources of phytoplankton production. By composing fundamental structures in freshwater environments, they contribute to the health and balance of these ecosystems. Their ecological importance, as environmental indicators, highlights the need to protect and conserve these vital organisms. Diatomaceous algae also contribute to oxygen production and the carbon cycle on the planet. Their diversity and adaptability are impressive, with around 20,000 species identified to date, ranging from microscopic forms to species visible to the naked eye. For environmental monitoring, algae constitute indicators of water quality, as they are able to respond to environmental variations. In this sense, the present study aimed to perform a biogeographic analysis in the São Raimundo/Mindu hydrographic basin, mapping and analyzing biotic and abiotic variables, identifying geotopes suitable for diatomaceous algae colonies. The methodological approach included a bibliographic review for the theoretical framework, field observation and sample collection, as well as georeferencing of geotope types. In addition, morphometric and laboratory studies were carried out for genus identification, using manuals and other research in the same line. Twenty-four samples were collected over two years at nine points. The samples were treated and verified in the laboratory, where it was possible to identify the dominant genus in the basin (*Pinnularia*). This result can be incorporated into the most suitable geomorphological unit for the species, which was the valley floor, with altimetric quotients of 60 to 18 meters. The interpretation of climatic data from 2022/2023 made it possible to identify the average environmental temperature (28.22°C), relative air humidity (75.40%) and variations (0.22 mm). Following other physical variables, such as water temperature (25.97°C), water level (29 cm) and pH (5.6). The tested variables describe an ideal environment for maintaining colonies of diatomaceous algae of the genus *Pinnularia*. Regarding the distribution along the basin, there is uniformity. The strong human influence presents low diversity when compared to rivers in "natural" environments, however, lower anthropic interference, where a greater number of species is offered.

**Keywords:** Biogeography; Geotope; Diatomaceous algae; Manaus.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01-</b>	Mapa de localização da área de estudo.....	16
<b>Figura 02-</b>	Bacia hidrográfica do São Raimundo (A) represa Cachoeira Grande 2022 (B) Represa Cachoeira Grande 1920.....	17
<b>Figura 03-</b>	Procedimento de coleta no substrato (rocha) para remoção de diatomáceas. (A) escovação da superfície colonizada (B) lavagem da rocha com água destilada.....	20
<b>Figura 04-</b>	Substrato artificial (A) materiais utilizados (B) pontos de amostragem e substrato no local de coleta.....	21
<b>Figura 05-</b>	Medição de parâmetros físico e químicos do ambiente (a) Phmetro de bolso (b) disco de Secchi, medição do leito menor.....	22
<b>Figura 06-</b>	Procedimentos para tratamento das amostras (provisórias). (A) identificação de tubos de ensaio (B) retirada de amostras.....	24
<b>Figura 07-</b>	Análise das amostras visualização no microscópio material não oxidado.....	25
<b>Figura 08-</b>	Sistema de nomenclatura binomial (a) Capa de <i>Systema naturæ</i> (1758), (b) classificação de plantas.....	32
<b>Figura 09-</b>	Diferenciação de ramos científico na Biogeografia e Ecologia.....	43
<b>Figura 10-</b>	Geossistema de Bertrand, 1968.....	51
<b>Figura 11-</b>	Diatomáceas vistas do espaço.....	59
<b>Figura 12-</b>	Representação das comunidades de acordo com a natureza do substrato: (1) epilítica; (2) epipélica; (3) episâmica; (4) epifítica.....	61
<b>Figura 13-</b>	Distribuição espacial das pesquisas de diatomáceas no país.....	64
<b>Figura 14-</b>	Transformação do espaço urbano de Manaus (a) Igarapé do espírito santo (1865). (b) Avenida Eduardo ribeiro (1910).....	67
<b>Figura 15-</b>	Evolução do processo de eutrofização.....	69
<b>Figura 16-</b>	Bacia hidrográfica do São Raimundo e Mindú Baixo curso (a) presença de gases (b) eutrofização do igarapé.....	70
<b>Figura 17-</b>	Modelos matemáticos para avaliar o grau de eutrofização. (a) - Classificação do nível trófico do IETm por Toledo (1983). (b) Classificação do nível trófico segundo o IETm por Lamparelli (2004).....	71
<b>Figura 18-</b>	Resultados das análises de pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio, nitrogênio e fósforo total e clorofila a dos pontos amostrais do igarapé do Mindú em 2010.....	72
<b>Figura 19-</b>	Cachoeira Grande médio curso ponte do São Jorge.....	77
<b>Figura 20-</b>	Padrões Morfológicos em Diatomáceas.....	84
<b>Figura 21-</b>	Frústula de diatomácea do gênero <i>Pinnularia</i> .....	86
<b>Figura 22-</b>	A bacia São Raimundo/Mindú inserida na área urbana de Manaus.....	94
<b>Figura 23-</b>	Perfil altimétrico (A) Igarapé do Mindú (b) Igarapé do Franceses, Bindá e Franco.....	96
<b>Figura 24-</b>	Geótopos Médio Curso Mindú.....	98
<b>Figura 25-</b>	Fórmula do coeficiente de correção de Pearson.....	99
<b>Figura 26-</b>	Mapa de ponto das diatomáceas na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindú.....	106
<b>Figura 27-</b>	Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindú.....	108

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01-</b>	Resumo das escolhas metodológicas.....	18
<b>Quadro 02-</b>	Linha cronológica da Biogeografia e seus principais idealizadores.....	34
<b>Quadro 03-</b>	Linha cronológica da Biogeografia brasileira.....	47
<b>Quadro 04-</b>	Sistema de Classificação espacial das paisagens, com base em Bertrand 1968.....	52
<b>Quadro 05-</b>	Grau de degradação do ambiente e a morfometria das diatomáceas.....	82
<b>Quadro 06-</b>	Dispersão e regressão linear de Pearson para diatomáceas e precipitação pluviométrica, nível d" água, unidade relativa e temperatura d" água.....	102

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01-</b>	Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats na bacia hidrográfica. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987).....	74
<b>Tabela 02-</b>	Descrição dos pontos para coleta ao longo da bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu.....	75
<b>Tabela 03-</b>	Descrição do ambiente bacia hidrográfica São Raimundo/Mindu.....	76
<b>Tabela 04-</b>	Número de amostras coletadas: mês da coleta e ano, T(c°) temperatura d'água TA(c°) temperatura do ambiente, U (%) umidade, P(mm) precipitação em (mm), nível d'água, pH, número de indivíduos coletados.....	88
<b>Tabela 05-</b>	Interpretação para os valores de correlação.....	100

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01-</b>	Varição climática e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023.....	89
<b>Gráfico 02-</b>	Varição da temperatura e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023.....	90
<b>Gráfico 03-</b>	Varição da temperatura e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023.....	91
<b>Gráfico 04-</b>	Dispersão e regressão linear de Pearson para diatomáceas e temperatura.....	100
<b>Gráfico 05-</b>	Dispersão e regressão linear de Pearson para diatomáceas e pH.....	101
<b>Gráfico 06-</b>	Uso da terra na bacia hidrográfica do São Raimundo/ Mindu.....	109

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PARU - Protocolo de ação rápida de rios Urbanos

GPS- Sistema de Posicionamento Global

SAU- Sistema Ambiental Urbano

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ANA- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

UFAM- Universidade Federal do Amazonas

UEA- Universidade Estadual do Amazonas

IET-Indicie de Estado Trófico

IETm-Indicie de Estado Trófico Modificado

CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente

IPCC - Painel de Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

OMM- Organização Meteorológica Mundial

BHSRM - Bacia Hidrográfica São Raimundo/Mindu

PROSAMIM - Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

GTP - Geossistema Território Paisagem

MDE - Modelo Digital de Elevação

ONU – Organização das Nações Unidas

UNB – Universidade de Brasília

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

APA- Área de Proteção Ambiental

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I - METODOLOGIA</b> .....	15
1.1 Área de estudo.....	16
1.2 Etapa I: Revisão de literatura temática.....	20
1.3 Etapa II: Levantamentos de campo.....	20
1.4 Etapa III: Obtenção de resultado prévio, utilizando diatomáceas.....	20
1.4.1 Métodos Cartográficos.....	27
1.4.2 Análise de fatores climáticos.....	27
1.4.3 Morfometria Geométrica.....	28
1.4.4 Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos.....	28
<b>CAPÍTULO II - OS ESTUDOS BIOGEOGRÁFICOS NA CIÊNCIA GEOGRÁFICA</b> .....	30
2.1 A abordagem dos estudos na Biogeografia.....	30
2.2.1 Dispersão.....	40
2.2.2 Extinção das espécies.....	41
2.2.3 Vicariância.....	42
2.2 A Biogeografia nacional.....	46
2.3 Teoria Geossistêmica nos estudos da Biogeografia.....	50
2.4 O Geótopo como categoria de análise Biogeográfica.....	53
2.5 O Antropoceno e a natureza híbrida.....	55
<b>CAPÍTULO III - DIATOMÁCEAS COMO BIOINDICADORES DO AMBIENTE</b> .....	58
3.1 A Origem das diatomáceas.....	58
3.2 Diatomáceas no Brasil.....	62
3.3 Alterações no espaço urbano e a eutrofização dos igarapés de Manaus .....	65
3.4 Avaliação rápida de rios urbanos.....	73
3.5 Intervenções práticas para melhoria da qualidade ambiental em bacias hidrográficas urbanas utilizando diatomáceas.....	79
<b>CAPÍTULO IV - O AMBIENTE AMAZÔNICO E A MORFOMETRIA DE UM GÊNERO...</b>	81
4.1 O ambiente Amazônico.....	81
4.2 Sazonalidade e influência sobre ambientes aquáticos.....	87
4.3 Potencial Hidrogeniônico – pH.....	91
4.4 Perfil altimétrico.....	93
4.5 Coeficiente de correlação.....	99
4.6 Representação cartográficas das diatomáceas.....	104
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b> .....	111
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	114
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	128

## INTRODUÇÃO

Desde que o ser humano deixou sua trajetória nômade e passou a viver em sociedade, o meio em sua volta vem sofrendo alterações e, em pouco mais de 30 mil anos de evolução, saímos da base da pirâmide ao topo da cadeia alimentar, seja pela procura constante de suprimentos ou pela simples necessidade de conforto. Assim, o grupo social humano firmou-se como ser dominante e transformador no espaço geográfico.

Ao dominar os ambientes da Terra e tendo como ápice a produção espacial da cidade — constituída por complexas vias de comunicação que, em curtos intervalos de tempo, reduzem a distância o deslocamento — impôs à natureza híbrida e fragmentada das grandes cidades e aos ecossistemas resilientes à essas modificações, grandes perdas, profundas e irreversíveis adaptações aos seres vivos.

Entretanto, o processo de dinamização das cidades não resulta de uma igualdade nos meios de modificação do espaço geográfico, a natureza, agora híbrida, sobrevive em espaços cercados pela propriedade privada ou pelo poder público persistindo em um ambiente de concreto. A produção e reprodução do espaço urbano avança delimitando ou simplesmente encobrendo os rios, agora urbanos e muitos dos quais invisíveis.

A utilização de diatomáceas como bioindicadores da qualidade da água e do ambiente inicia com a comissão europeia de energia, alterações climáticas e meio ambiente, que estabelece regras para monitorar a deterioração do estado da água na União Europeia.

A gestão da água na Europa baseia-se no monitoramento de bacias hidrográficas implementado o conceito de “status ecológico”, ou seja, a avaliação dos ambientes aquáticos organiza-se por meio do monitoramento de quatro grupos de organismos: invertebrados aquáticos, peixes, macrófitas e diatomáceas (Solak et al, 2020).

No Brasil, o acentuado processo de urbanização contribuiu para o desequilíbrio ambiental e a criação de múltiplas adaptações desse tipo de organismos. A natureza modificou-se seguindo o padrão e a dinâmica espacial das cidades, a contaminação de fontes de água, a impermeabilização do solo e o descarte inadequado de dejetos humanos, gradativamente substituiu espaço natural por mosaico socioambiental. Sobre tais modificações, Mendonça (2017) expressa que são condicionantes construtoras do Sistema Ambiental Urbano (SAU).

A criação desse Sistema Ambiental Urbano (SAU) compreende três subsistemas: o subsistema natural, o subsistema construído e o subsistema humano associado a problemas como deterioração e contaminação, causados pela pressão social. Onde a desigualdade social se faz presente na manutenção de um sistema sobrecarregado e fadado ao fracasso na relação homem e natureza (Mendonça, p.334, 2017).

Delimitada sobre uma densa rede hídrica, o sítio da cidade de Manaus apresenta muitos igarapés ou, em uma maior escala, bacias hidrográficas inseridas em ambiente urbano, canais assoreados com pouca vegetação e elevada carga de dejetos humanos e industriais. A propósito do tema, Rebello (2010, p.25), menciona que a utilização da bacia hidrográfica como unidade de levantamento e monitoramentos, permite a verificação de processos e ou outros problemas ambientais, que possam comprometer o abastecimento de água para a população e poluição dos canais hidrográficos. Assim, para a realização deste estudo, selecionou-se a bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu.

Por isso, fazem-se necessários novos meios de monitoramento de baixo custo e eficientes que possam contribuir para a avaliação da degradação ambiental e perda da biodiversidade. Em ambientes urbanos, as algas diatomáceas por terem um período de vida curto e serem sensíveis às variações súbitas no ambiente, tornam-se essenciais para serem utilizadas como bioindicador do ambiente urbano (Santos et al., p. 69. 2018).

## **CAPÍTULO I - METODOLOGIA**

Perturbações antrópicas e mudanças globais têm levado à diminuição da diversidade e, em alguns casos, à ausência de espécies endêmicas, situação que se agrava em bacias hidrográficas inseridas em ambientes antropizados. A propagação de espécies invasoras, o surto de doenças e a contaminação por efluentes domésticos e industriais preocupam a comunidade científica uma vez que, tais fatores podem levar à extinção de espécies e afetar processos ecossistêmicos, reduzindo a capacidade de resistência do ambiente.

Deve-se mencionar que na tentativa de solucionar esses problemas muitas estratégias surgem na esperança de contribuir a médio ou a longo prazo na manutenção de processos biológicos vitais e na reconstrução de ambientes degradados. A presente pesquisa tem por objetivo realizar um estudo de caráter biogeográfico sobre as algas diatomáceas na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu, de acordo com os graus de antropização dos canais inteiramente inseridos em ambientes urbanizados.

Nesse contexto, o biomonitoramento consiste em um método utilizado no estudo de impacto ambiental cujo principal objetivo é preservar a integridade do ecossistema com base em alterações nos organismos e nas diversas alterações sofridas pelo mesmo, de acordo com as variáveis físicas e químicas do ambiente. Segundo estudos desenvolvidos por Teixeira et al., (2018 p.19), o monitoramento ambiental aquático fornece informações sobre a carga de poluente e comunidades aquáticas, o que pode orientar a legislação ambiental às adequações necessárias. Há indícios de que existam cerca de 40.000 espécies de diatomáceas globalmente distribuídas, em sua maioria fotossintética, ou seja, necessitam de luz para seu crescimento.

Caracterizam-se pela presença de flagelos e possuem uma parede celular composta de sílica chamada de frústula cuja morfologia diversificada permite a classificação e identificação por espécies e subespécies (Bathurst, 2010). Sua diversidade permite formar colônias sendo possível encontrar grande quantidade livre na corrente ou no substrato de fundo do rio, a análise de diatomáceas fornece

resultados precisos, tanto quanto amostras químicas, sendo imprescindíveis no monitoramento ambiental (Teixeira et al., 2018). Muitas espécies de algas respondem sensivelmente a concentrações de substâncias na água, podendo ser utilizadas como bioindicadoras do estado trófico, contudo o grupo das diatomáceas está entre os mais comuns no ambiente aquático, sendo responsável pela ciclagem e produtividade primária (fotossíntese).

Neste sentido, a realização deste trabalho justifica-se à medida em que a cidade de Manaus possui a 12ª colocação como o pior indicador de saneamento básico entre as 100 maiores cidades do país, onde apenas 21,95% do esgoto é coletado na capital amazonense e somente 24,14% desse percentual é tratado (G1,2022). Assim, trata-se de uma cidade onde se faz necessário o monitoramento dos canais hidrográficos, preservando-se os poucos fragmentos florestais que ainda resistem a pressão urbana.

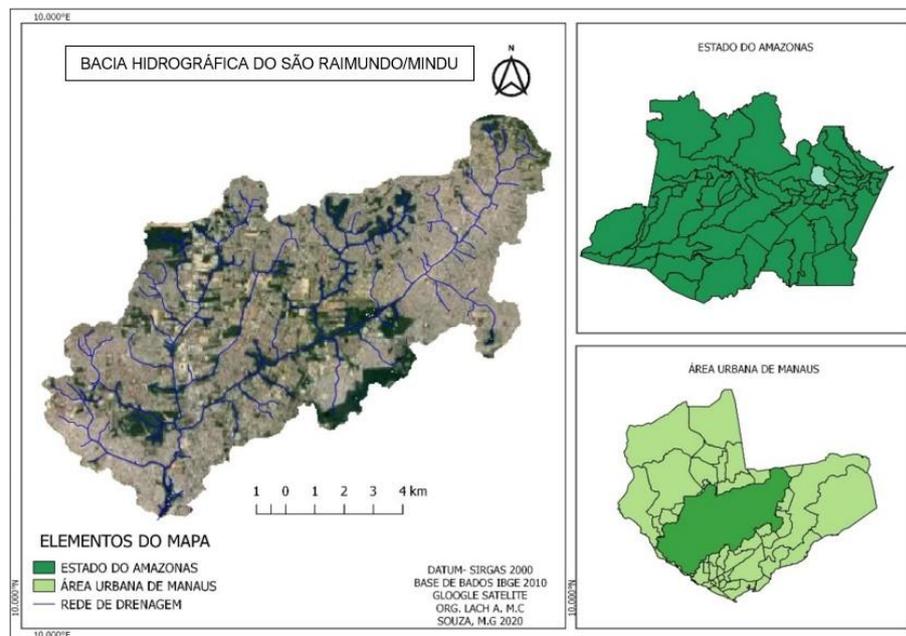
Por outro lado, percebe-se também o potencial das diatomáceas como bioindicadores da qualidade do ambiente, a sua precisão pode servir como suporte na ampliação de índices que são baseados no monitoramento físico-químico. Portanto, compreender a distribuição geográfica das diatomáceas ao longo da bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu ampliará o leque de opções na busca por um monitoramento ambiental mais preciso e de baixo custo em bacias hidrográficas densamente ocupadas.

## **1.1 ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica do igarapé do São Raimundo consiste o baixo curso da bacia hidrográfica do Mindu e localiza-se na cidade de Manaus. De acordo com o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) o município possui 2.063,547 habitantes, o que representa a sétima cidade mais populosa do país. A vegetação local é classificada como Floresta Ombrófila Densa e as condições geomorfológicas são representadas por planícies, terras firmes, igapós e baixos planaltos, sendo altitude média inferior a 100 metros na área centro sul.

Do ponto de vista geomorfológico fluvial, a rede hidrográfica da bacia São Raimundo/Mindu estende-se por uma área de 19 km<sup>2</sup> sendo formada por aproximadamente 40 tributários e corresponde a faixa de desembocadura do Igarapé do Mindu, pela margem esquerda abrangendo 64,84 km<sup>2</sup> de superfície em perímetro (Figura 01). Ao Sul, vale destacar que a área urbana de Manaus, consiste na superfície de um interflúvio com 31 quilômetros de extensão, delimitado pelas bacias do Tarumã a oeste, e ao leste, pela bacia do Puraquequara, respectivamente (Lachi, 2022 pág.13).

**Figura 01** - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: SOUZA M, G. 2020.

Inserida em ambiente urbano a bacia hidrográfica apresenta vestígios da construção do primeiro reservatório de água potável da cidade construído no ano de 1888, caracterizando-se como uma faixa de bifurcação — identificada pela sobreposição de canais como o igarapé dos Franceses e o São Raimundo — compondo assim, um rio de segunda ordem.

Nessa época recebia a denominação de Cachoeira Grande sendo descrita inicialmente no final do século XIX, pois foi nesta bacia que o Governo Imperial construiu em 1888, uma represa com 105 metros de comprimento, para ser utilizada

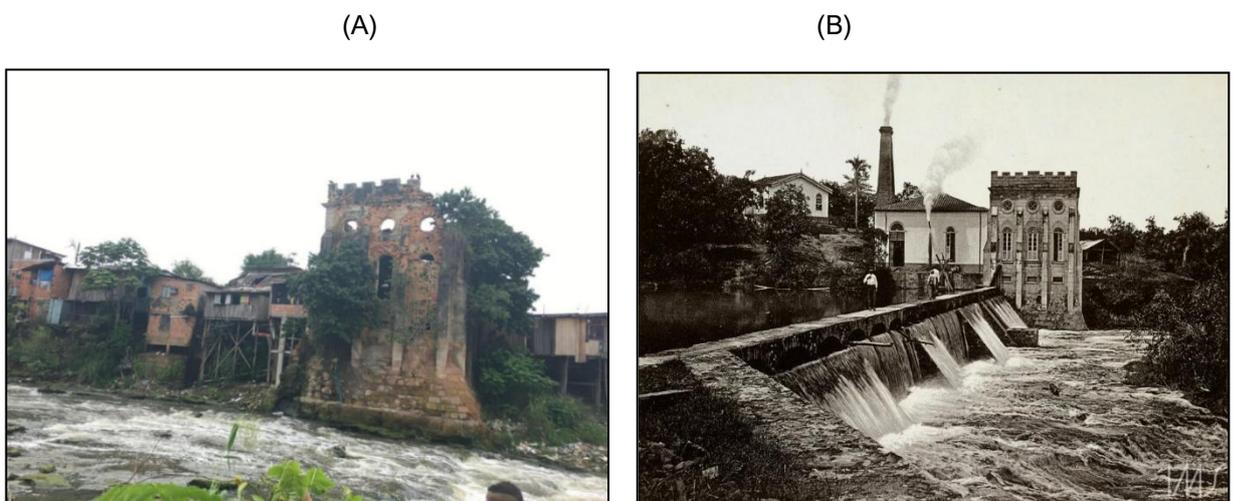
como o reservatório de água potável da cidade de Manaus, devendo servir à população manauara.

O termo voltou a ser empregado na dissertação de Lachi, (2022), onde a autora descreve uso e problemas socioambientais no processo de ocupação territorial sobre a bacia hidrográfica da Cachoeira Grande, atualmente conhecida como bacia do São Raimundo/Mindu.

Deve-se considerar a demanda por estudos sobre as alterações que ocorrem em ambientes urbanos, mais especificamente nas bacias hidrográficas, onde a identificação dos impactos proveniente da ação humana é de grande importância para o planejamento urbano e ambiental, bem como para a preservação dos recursos hídricos.

De acordo com Albuquerque (2012), as bacias hidrográficas representam a área de captação de um recurso fundamental para a vida humana, a água. Este recurso é forte atrativo para diversos tipos de atividade como: irrigação, lazer, navegação, energia, uso doméstico, moradia e outras. Nesta perspectiva, a disponibilidade da água, enquanto recurso propicia a ocupação da bacia hidrográfica praticamente por toda a extensão territorial (Figura 02).

**Figura 02** – Bacia hidrográfica do São Raimundo (A) represa Cachoeira Grande 2022 (B) Represa Cachoeira Grande 1920.



Fonte: (a) autor 2022 (b) Álbum Vistas de Manaus. George Huebner. 1890.

## 1.2 Os procedimentos metodológicos adotados:

### I ETAPA: revisão da literatura temática

A primeira etapa se baseou na pesquisa bibliográfica, de artigos publicados. Foi realizada uma compilação de metodologias e análises. De acordo com Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é baseada em materiais já produzidos e elaborados, conteúdos advindos principalmente de livros e artigos científicos.

Essa primeira etapa foi constituída pela pesquisa bibliográfica de materiais disponíveis nas plataformas de bases científicas: Periódico Capes, Scientific Electronic Library Online ou Scielo, Pubmed e Google Acadêmico bem como instituições de pesquisa Universidade Federal do Amazonas – UFAM e Universidade do Estado do Amazonas – UEA.

Foram selecionados materiais compostos por artigos de revisão, artigos originais, artigos completos em anais de eventos científicos, monografias, dissertações e teses. Sem período definido, utilizando como descritores saneamento básico, biogeografia, poluição da água, eutrofização, diatomáceas e limnologia, o Quadro 1 a seguir coloca de maneira sucinta a explicação desta etapa.

**Quadro 1:** Resumo das escolhas metodológicas

Metodologia para levantamento de dados	Comparativo Indutivo
Natureza da Pesquisa	Exploratória Básica
Procedimentos utilizados na Pesquisa	Análise Documental (Revisão Sistemática)
Abordagem da Pesquisa	Qualitativa e Quantitativa
Formato de Realização da Pesquisa	Online e Presencial
Área de Concentração da Pesquisa	Biogeografia, Limnologia, Geografia

Fonte: Adaptado de Teixeira Filho (2010)

### 1.3 II ETAPA - Planejamento das atividades de campo

Foram realizadas visitas de campo na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu no trecho que compreende as ruínas da Represa da Cachoeira Grande. Os ambientes identificados como propícios à existência de espécies, mediante à concentração abundante de rochas sedimentares e ao intenso fluxo da correnteza. Durante os levantamentos utilizou-se os materiais descritos a seguir:

- Análise e reconhecimento do local para a caracterização do clima, relevo, vegetação e habitat de localização das espécies de diatomáceas.
- GPS para o georreferenciamento: elaboração do mapa de incidência da espécie.
- Câmera fotográfica para registro da área
- Termômetro
- O phmetro utilizado para medir a acidez da água.
- Disco de Secchi para verificação de turbidez da água.

### 1.4 III ETAPA: Obtenção de resultado prévio, utilizando diatomáceas, descrição em 4 etapas:

- Locais de coleta
- Época de amostragem
- Tratamento das amostras coletada
- Preparação de lâminas provisórias para análise dos indivíduos no microscópio óptico

Seguindo o protocolo de procedimentos para tratamento das amostras de diatomáceas adaptados de Kobayashi e Mayama (1982) Kelly *et al.*, (1998) Shigeki Mayama (2012).

### 1.4.1 Locais de coleta

As coletas de diatomáceas devem ser realizadas de preferência em substratos naturais preferencialmente em rochas devido sua porosidade. Em rochas com 10 a 20 centímetro de diâmetro que estejam submersas na água com uma profundidade de 10 a 30 centímetros, sua abundância ocorre em locais com luz solar. Rochas com tom acastanhado possuem a presença de grande quantidade de diatomáceas.

Para a limpeza da rocha utiliza-se uma escova de dentes a fim de retirar a camada de diatomáceas presa à rocha, lavando-se com água destilada. Em seguida, coleta-se a água residual da lavagem em fracos de amostras devidamente etiquetados, que serão encaminhados ao laboratório (Figura 03). Por se tratar de uma bacia hidrográfica inserida em ambiente urbano aconselha-se a utilização de botas e luvas para evitar o contato com água contaminada.

**Figura 03** – Procedimento de coleta no substrato (rocha) para remoção de diatomáceas. (A) escovação da superfície colonizada (B) lavagem da rocha com água destilada.

(A)



(B)



Fonte: Autor 19/04/2023.

Nos locais com ausência de rochas optou-se pela utilização de substratos artificiais previamente preparados e dispostos em locais de amostragem para coleta após quatro semanas submerso, tempo suficiente para fixação de algas diatomáceas. Sua confecção utilizou os seguintes materiais (Figura 04).

- Sacos plásticos
- Fio de nylon
- Flutuador de piscina
- Rochas optou-se por rocha do tipo sedimentar denominada “Arenito Manaus”
- Parafuso e bucha para amarração do fio de nylon e fixação da rocha.

**Figura 04** – Substrato artificial (A) materiais utilizados (B) pontos de amostragem e substrato no local de coleta.



Fonte: Autor 06/11/2022.

Após a coleta de amostras e colocação de substratos artificiais é feita a medição de outros parâmetros físicos e químicos da água e do ambiente. Como temperatura, Ph, turbidez e acidez da água utilizando um Phmetro de bolso com

compensação automática de temperatura modelo: K39-0014PA. Marca: Kasvi e o Disco de Secchi utilizado para medição da penetração vertical da luz solar na coluna d'água (Clareza ou Transparência) Figura 05.

**Figura 05** – Medição de parâmetros físico e químicos do ambiente (a) Phmetro de bolso (b) disco de Secchi, medição do leito menor.

A



B



Fonte: Autor 19/04/2023.

#### 1.4.2 Época de amostragem

As amostras devem ser efetuadas de preferência no verão amazônico<sup>1</sup> evitando o período de chuvas na região que vai de dezembro até maio e a influência da variação sazonal, que interfere diretamente na composição da comunidade de diatomáceas.

A amostragem de diatomáceas pode ser realizada com mais eficiência em meados de junho a setembro, meses considerados quentes — nos quais há redução no fluxo de água ocasionado pela diminuição das chuvas e pelo período de cheia do

<sup>1</sup> De acordo com o professor da Universidade Federal Rural da Amazônia professor Hildo Giuseppe (2022). O verão Amazônico é uma expressão que se popularizou na região mediante à redução das chuvas. O verão amazônico é marcado pelas altas temperaturas na região, que podem passar dos 36° C. Parte desse período coincide com as férias escolares, e se torna a época perfeita para visitar as praias, rios e balneários da região.

rio Negro — que represa a saída de água nas faixas de *outlet*, ocasionando o represamento da foz e conseqüentemente dos tributários nas partes mais altas da bacia hidrográfica. Assim, a redução do gradiente do rio, forma verdadeiras “piscinas”.

As altas temperatura favorecem à proliferação de colônias ao longo do Igarapé tornando os locais ensolarados e, portanto, propícios à coleta. Devido a altimetria da bacia hidrográfica as coletas ocorrem com maior facilidade em nascentes nas proximidades da Reserva Florestal Adolfo Ducke (alto setor da bacia) e na bifurcação do trecho que compreende a Cachoeira Grande (baixo setor), local bastante adequado devido ao leito rochoso sedimentar.

A retirada de amostras nunca, deve se realizar após a ocorrência de forte precipitação o que promove uma elevada turvação da água e perturbação das comunidades de algas. Recomenda-se que as amostras sejam realizadas em dias ensolarados e em condições de visibilidade da rocha submersa.

#### **1.4.3 Tratamento das amostras coletadas**

Após a coleta em campo as amostras foram levadas ao laboratório do Colégio Amazonense D. Pedro II no centro da cidade de Manaus.

Matérias e equipamentos para o tratamento das amostras foram:

- Centrífuga
- Tubos de ensaio pequeno (tamanho 16 x 100 mm)
- Pipetas graduadas de 10 ml
- Pisseta com água destilada
- Becker de 50 ml
- Ácido Sulfúrico ( $H^2SO^4$ )
- Lâmina e lamínula
- Bastão de vidro
- pinça
- Luvas de proteção
- Máscara de proteção

- Destilador
- Microscópio óptico
- Chapa aquecedora
- Meio de montagem para lâminas

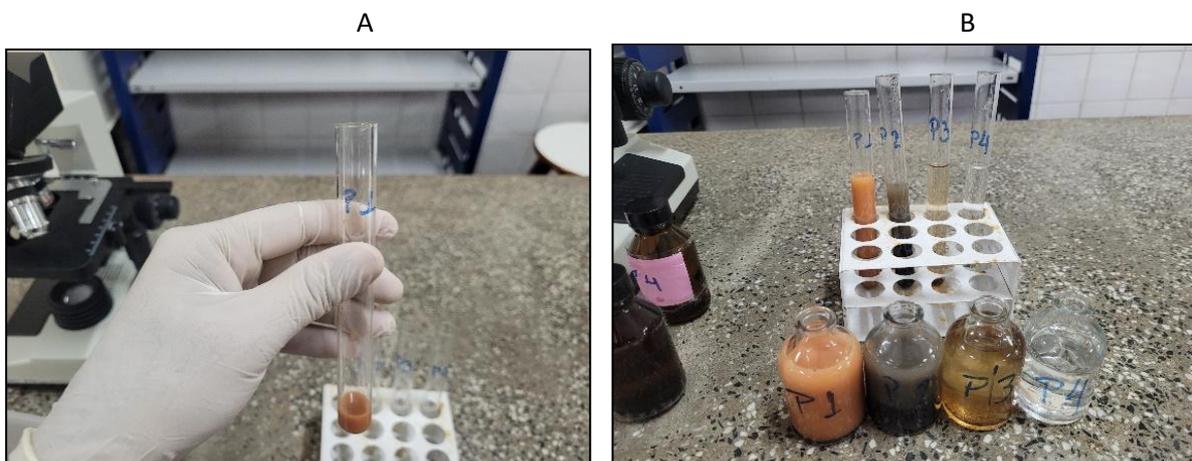
#### 1.4.4 O procedimento para o tratamento das amostras e lamínulas provisórias

No primeiro momento realizou-se a identificação dos tubos de ensaio e transferência do material coletado utilizando uma pipeta com 10 ml de amostra retirando-se do fundo do frasco. Em seguida acrescentou-se 5 ml de ácido sulfúrico no fundo do tubo de ensaio, encostando a ponta da pipeta na parede do tubo para que o ácido deslize devagar.

Colocam-se os tubos em banho-maria para ferver por 60 minutos, após desligar o fogo deixa-se esfriar. Adiciona-se cacos de porcelana no fundo do becker como reguladores de temperatura e ebulição para evitar a quebra dos tubos de ensaio. Durante a manipulação do ácido sulfúrico utilizam-se luvas, óculos e máscara de proteção a fim de evitar queimaduras ou inalação.

O procedimento descrito serviu para oxidação de toda a matéria orgânica, restando apenas a frústula de sílica das diatomáceas no intuito de facilitar a visualização e posterior identificação no microscópio óptico (Figura 06).

**Figura 06** - Procedimentos para tratamento das amostras (provisórias). (A) identificação de tubos de ensaio (B) retirada de amostras.



Fonte: Autor 19/04/2023.

Após o resfriamento do material por aproximadamente 24 horas colocou-se as amostras em tubos de ensaio menores, devidamente identificados nivelando-se a quantidade de amostras de todos os tubos. Em seguida, dispõem-se os tubos, a centrifugar por 3 minutos para separar o ácido sulfúrico das amostras, depois retiram-se as amostras da centrifuga e extraem-se o sobrenadante de cada um dos tubos.

Em seguida, enche-se cada um dos tubos com água destilada, o procedimento deverá ser repetido por pelo menos três vezes. Após as amostras serem limpas, adicionou-se o sobrenadante em frascos devidamente identificados.

A seguir, pinga-se uma gota da amostra em uma lâmina e coloca-se em uma chapa aquecida a 50°C para acrescentar um meio de montagem e, em seguida, coloca-se a lamínula. Após a secagem do meio de montagem identifica-se a lâmina com local data da amostragem para visualização no microscópio óptico objetiva de 100 X (Figura 07).

**Figura 07** - Análise das amostras visualização no microscópio material não oxidado.



Fonte: Autor 25/07/2023.

## **5. IV ETAPA: Tratamento e Sistematização dos dados**

Os dados obtidos em nove pontos de coleta ao longo da bacia do São Raimundo/Mindu no decorrer da pesquisa foram tratados e sistematizados para a elaboração de gráficos, tabelas e mapas temáticos para a finalização da tese.

### **5.1 Métodos cartográficos**

Com o intuito de analisar a distribuição espacial da espécie ao ambiente urbano, buscou-se relacionar a espécie a diferentes bases cartográfica na busca por uma melhor representação espacial do seu ambiente.

A confecção dos mapas seguiu a utilização do software livre Qgis versão 3.32 Lima. Com a base de dados adquiridos no campo, junto com os shapefiles do instituto brasileiro de geografia e estatística – IBGE disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>; plataforma digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE seleção de imagens e modelo digital de elevação (MDE) disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>; SRTM - (Shuttle Radar Topographic Mission) no site do banco de dados geomorfométrico do Brasil (Topodata), todos com livre acesso. A elaboração de mapas temáticos iram proporcionar a melhor distribuição espacial colaborando com análises mais detalhadas no futuro.

### **5.2 Análise de fatores climáticos**

As variáveis climáticas foram extraídas do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/> os dados coletados foram de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, coletadas de janeiro de 2022 a janeiro de 2023. As informações foram tratadas e tabuladas no programa da Microsoft Excel versão office 2024 para elaboração de tabelas, quadros e gráficos.

### **5.3 Morfometria Geométrica**

De acordo com Fornel e Estrela, 2012 a morfometria é um dos assuntos mais antigos estudados na biologia a palavra morfologia tem seu primeiro registro no século XVIII pelo então naturalista alemão Johan Wolfgang von Goethe (1749-1832) sendo seu significado o estudo das formas orgânicas.

Para Rocha, 2013 a morfometria geométrica é utilizada em diversos estudos em animais vertebrados e invertebrados contribuindo para os estudos em filogenia, sistemática, variabilidade geográfica e paleontologia.

Os padrões morfológicos das diatomáceas foram obtidos com base em manuais e padrões já conhecidos de acordo com Viera, 2011 pág. 113 e possível organizar padrões morfológicos gerais de diatomáceas em poucos grupos essas formas baseiam-se na geometria espacial de suas frústulas observada sob determinado ângulo. Os ângulos de visão permitem o estabelecimento de um sistema geométrico de referência.

Diante disso, este trabalho reuniu dados, visando elucidar qual gênero ou espécie de diatomáceas predomina em águas urbanas da bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu.

### **5.4 Protocolo de avaliação rápida**

Para compreender melhor os impactos ambientais ao longo da bacia se utilizou o protocolo de avaliação rápida de rios urbanos (PARU) sendo considerado um instrumento muito útil na observação visual direta de rios. O protocolo de intervenção imediata para rios urbanos compreende um conjunto de ações coordenadas voltadas para a preservação ecológica e a mitigação de riscos associados a fluxos fluviais em ambientes urbanos (CAMPOS, 2024).

A tabela elaborada a partir do protocolo de Callisto et al. (2002), adaptado da metodologia desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EPA, 1987), propõe uma abordagem prática e sistematizada para diagnosticar a diversidade de habitats em segmentos de bacias hidrográficas.

A estrutura avaliativa se fundamenta em parâmetros que abrangem desde a ocupação e uso das margens até características físicas da água e do substrato, como erosão, presença de cobertura vegetal, transparência, odor e oleosidade. Cada parâmetro recebe uma pontuação específica, refletindo o grau de intervenção antrópica e os impactos sobre o ecossistema local.

A somatória final permite classificar o trecho analisado em três categorias: natural, alterado ou impactado. Essa metodologia não apenas facilita a identificação de áreas sob risco ambiental, mas também direciona ações de manejo e recuperação, fornecendo uma ferramenta crucial para a preservação da integridade ecológica e a gestão sustentável dos recursos hídricos.

## CAPÍTULO II

### OS ESTUDOS BIOGEOGRÁFICOS NA CIÊNCIA GEOGRÁFICA

---

#### 2.1 A abordagem dos estudos na Biogeografia

As atividades humanas geram graves impactos ao meio natural e as relações antrópicas de existência com o meio, possuem intensa complexidade a ser ainda estudada no contexto dos estudos socioambientais. Na maioria das vezes, essas atividades transformam-se em um processo sem volta, ou seja, sem retorno das condições naturais, derivado das formas de modificação da paisagem pelo homem.

Um dos grandes ramos da ciência geográfica voltado para a análise das modificações do espaço e a relação que as espécies desenvolvem, para se adaptar ao meio em constante mudança é a Biogeografia. Os estudos biogeográficos direcionam-se a compreender o papel dos elementos condicionantes e dos fatores geográficos sobre a distribuição de plantas e animais na superfície terrestre, bem como as suas adaptabilidades ao meio modificado (Dias; Guimarães, 2016).

Segundo Passos (2003, p. 73) “[...] abordagem teórica e metodológica da Biogeografia possui forte influência de outras ciências como a Ecologia, Climatologia, Biologia e Geomorfologia [...]”.

A Ecologia não considera o caráter de território, já a Biogeografia ao incorporar o conceito de Geossistema, desenvolveu os estudos geográficos sobre o meio sob a relação de causa e efeito. Neste contexto, os estudos de Bertrand (1972, p.02) ressaltam que o Geossistema é natural (fonte), o território socioeconômico (recurso) e a paisagem sociocultural (identidade).

Contudo Figueiró, (2021, p.02) descreve que esse objeto de estudo é compartilhado pelas ciências da vida (Biologia, Ecologia) ciências da terra (Geologia, Geomorfologia) e ciências Humanas (Geografia, Antropologia), tendo aplicação diversificadas na ordem e estrutura do objeto de estudo.

Sendo assim, podemos dividir a ciência biogeográfica da atualidade em cinco eixos centrais de pesquisa: Biogeografia da conservação, Biogeografia das invasões, Biogeografia biotecnológica, Biogeografia da alimentação e dos saberes tradicionais e a Biogeografia urbana, sendo essa última o foco desta pesquisa.

Com o crescimento das cidades surge a necessidade de manutenção e monitoramento de espaços naturais considerando-se que natureza passa a ser híbrida, constituída por espécies endêmicas e invasoras adaptadas a pressão e modificação de fragmentos naturais em meio urbano.

Nessa perspectiva ambiental de profundas mudanças com degradação e redução de ecossistemas, a dispersão de espécies as mudanças climáticas sobre o planeta o ser humano tende a procurar por meios ambientais mais sustentáveis. Contudo a partir dessa nova compreensão de mundo não podemos restringir a Biogeografia a conceitos engessados de Biologia, Geografia e Ecologia, frutos de um passado de descobertas.

Sendo a Biogeografia Urbana segundo Siqueira, (2008, p 194) [...] *uma ciência que deve incorporar novos conceitos que integram as realidades sociais ambientais e científicas do mundo em que vivemos [...].*

Com base nessa compreensão a Biogeografia Urbana apoia-se na teoria dos sistemas, ao conectar-se à Geografia e à Ecologia e ao contemplar a cidade e o meio ambiente de forma integral. Fundamenta-se no funcionamento ecológico da cidade na modificação do clima, os fluxos energéticos, a estrutura espacial e social (Vidal, 2009, p. 04).

Não resta dúvida que pensar a Biogeografia isolada aos seus conceitos definidos em um passado que não sofria com as profundas modificações que temos hoje, é condenar uma ciência ao isolamento, sem compreender a ciência sob a multidisciplinaridade — seria descrever uma história de um passado glorioso e ideias visionárias a um pedaço de papel amarelado e simplesmente guardá-lo em uma gaveta do esquecimento — compreender a abordagem multidisciplinar, tornou-se um papel que a Geografia e os próprios geógrafos desempenham muito bem.

Para alcançar a compreensão de como a Biogeografia se estabelece como ciência é necessário fazer um resgate histórico de definição de conceitos que descrevem desde relatos bíblicos e abordagens naturalistas até a consolidação de ciência moderna. Nesse capítulo apresentaremos um resumo da formulação de conceitos biogeográficos bem como os avanços da Biogeografia como ciência moderna.

A compreensão da natureza inicialmente foi descrita em passagens bíblicas, onde acreditava-se que todo organismo surgiu em uma única área, no livro bíblico de gênesis todos os seres vivos foram criados no jardim do Éden e dali dissiparam-se para outras partes do mundo (Gillung 2011, p. 01).

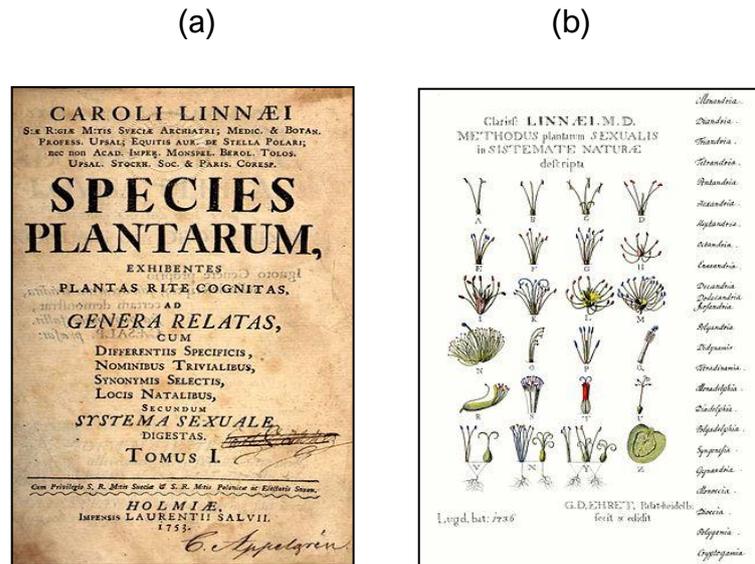
Por volta de 1.100 a.C. e 400 d.C. a civilização grega já possuía conhecimento sobre as mais diversas áreas, sendo a Biogeografia fruto de observação da paisagem. Theophrasto (327-288 a.C.), aluno e sucessor de Aristóteles, foi o primeiro a observar as formas e o crescimento dos vegetais destacando a influência do clima (Camargo 2002, p. 4).

Segundo Andrade (2002) o Império Romano domina a Europa e Ásia chegando ao seu fim por volta de 476 d.C. Outros povos se estabelecem em terras romanas surgindo então a Europa Feudal, período conhecido como “Idade das Trevas”. A expansão do Cristianismo centraliza o conhecimento em conventos e mosteiros onde não pode haver questionamentos sobre a natureza criada por Deus. Isso fez com que a história da Biogeografia fosse baseada em intrincadas narrativas, que propuseram a Biogeografia dificuldades de se consolidar como ciência, na tentativa de compreender padrões de espacialização dos seres vivos.

Foi somente com as contribuições de Alexander von Humboldt (1769-1859) conhecido como o pai da Biogeografia que as primeiras mudanças de pensamento se manifestaram. Humboldt dedicou-se à investigação de campo participando de inúmeras expedições pela Europa, Ásia e América Latina contribuindo de forma direta para avanços na Geologia, Climatologia, Oceanografia e Biogeografia.

Na transição podemos citar a contribuição de Carl von Linné (1707- 1778). Que foi um botânico, zoólogo e médico sueco, responsável por popularizar a nomenclatura binomial criada pelo naturalista Gaspard Bauhin, sendo assim considerado o "pai da taxonomia moderna" (Brown; Lomolino, 2006) Figura 08.

**Figura 08** - Sistema de nomenclatura binomial (a) Capa de *Systema naturæ* (1758), (b) classificação de plantas.



Fonte: Biblioteca Digital de Obras Raras. Org. autor 2023

Ao notar a exclusividade de espécies do Velho Mundo, Conde de Buffon formulou o primeiro princípio biogeográfico, que ficou conhecido como “Lei de Buffon”, segundo qual postulava-se que mesmo existindo condições ambientais semelhantes, sempre haverá diversidade de animais e plantas, nas regiões da Terra.

Nesse contexto, em 1820 dando seguimento as ideias de Buffon, o botânico suíço Agustin Pyramus de Candolle (1778-1841) dividiu a Biogeografia em duas fases a primeira delas a Biogeografia Ecológica e a segunda Biogeografia Histórica. Conforme explica Posadas, Crisci e Katinas (2006, p. 390):

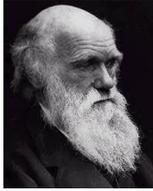
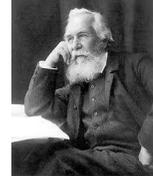
“While ecological biogeography searches causal explanations of the distributional patterns in short temporal scales, historical biogeography concerns Evolutionary processes over million years”.

No final do século XVIII e início do século XIX, as ciências naturais progrediram intensamente graças ao crescente número de viagens pelo mundo com os naturalistas a bordo estudando e coletando exemplares da fauna e flora, sendo a preocupação principal desses pesquisadores compreender e explicar a origem dos seres vivos (Quadro 02).

**Quadro – 02** Linha cronológica da Biogeografia e seus principais idealizadores

Gêneses 1/27	Então Deus criou o homem a sua semelhança os abençoou e lhes disse: Frutificai e multiplicai-vos; enchei a terra e sujeitai-a; dominai sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu e sobre todos os animais que se arrastam sobre a terra.	Adão e Éva. Pintura Jan Gossaert (1478-1536)	
(384 a.C.– 322 a.C.)	De onde veio a vida, e como se diversificou e se espalhou pelo globo?	Aristóteles	
(1769-1859)	Pai da fitogeografia; aplicou o gradiente de Forster para variações altimétricas (cinturões florísticos).	Alexander von Humboldt	
(1707-1778)	Botânico, zoólogo e médico sueco, responsável por popularizar a nomenclatura binomial criada pelo naturalista Gaspard Bauhin e a classificação científica, sendo assim considerado o "pai da taxonomia moderna".	Carlos Lineu	
(1707-1788)	Formulou a Lei de Buffon", segundo o qual postulava que as diferentes regiões da Terra, apesar de compartilhar condições, eram habitadas por diferentes espécies de plantas e animais.	Georges-Louis Leclerc	

(1743-1820)	Naturalista e botânico inglês. Atualmente cerca de 75 espécies levam o nome de Banks. Descrição de mais de mil espécies de plantas; confirmação da Lei de Buffon com exceções “espécies cosmopolitas”.	Joseph Bank	
(1729-1798)	Coletou e identificou 574 espécies estendendo a Lei de Buffon para plantas; contribuições para a biogeografia de comunidades insulares; tendência da diversificação (equador - pólos) para plantas.	Johann R. Forster	
(1765-1812)	Willdenow se interessava pela adaptação das plantas ao clima, mostrando que num mesmo clima existem plantas com características comuns. Seu herbário, que continha mais de 20.000 espécimens está atualmente preservado em Berlim. Províncias florísticas para a Europa; sugestão de não um, mas vários “centros de origem”	Carl L. Willdenow	
(1778-1841)	Contribuições para os padrões insulares; um dos primeiros a escrever sobre competição e sobrevivência (biologia evolutiva)	Augustin P. de Candolle	

(1801-1876)	Mutabilidade climática; variação do nível do mar explicação para fósseis de animais marinhos em montanhas.	Adolphe Brongniart	
(1797-1875)	As contribuições científicas de Lyell incluíram uma explicação pioneira das alterações climáticas, na qual a mudança nas fronteiras entre oceanos e continentes poderia ser usada para explicar variações de longo prazo na temperatura e na precipitação.	Charles Lyell	
(1809-1882)	Biologia evolutiva; dispersão e colonização de ilhas	Charles R. Darwin	
(1823-1913)	Wallace foi o primeiro a propor a distribuição geográfica das espécies animais e, como tal, é considerado um dos precursores da ecologia e da biogeografia e, por vezes, chamado de "Pai da Biogeografia".	Alfred Russel Wallace	
(1834 -1919)	Foi um biólogo, naturalista, filósofo, médico, professor e artista alemão que ajudou a popularizar o trabalho de Charles Darwin e um dos grandes expoentes do cientificismo positivista. Os seus principais interesses recaíram nos processos evolutivos e de desenvolvimento e na ilustração científica.	Ernst August Haecke	

(1829–1913)	Advogado e zoólogo inglês. Propôs as regiões biogeográficas baseadas em aves	Philip L. Sclater	
(1900–1975)	<p>Biólogo evolutivo ucraniano-estadunidense cujo trabalho moldou a síntese evolutiva moderna e foi essencial para o desenvolvimento da teoria evolutiva no século XX. Seu trabalho de 1937, <i>Genetics and the Origin of Species</i> tornou-se a maior influência para o estabelecimento da síntese evolutiva moderna e por conta dele Dobzhansky foi agraciado com a Medalha Nacional de Ciências, em 1964 e a Medalha Franklin, em 1973.</p>	Theodosius H. Dobzhansky	
(1904–2005)	<p>Biólogo de origem alemã que dedicou grande parte da sua carreira ao estudo da evolução, genética de populações e taxonomia. Descendente de diversas gerações de médicos, renunciou à carreira e se voltou para o estudo da zoologia, concluindo um doutorado na área apenas 16 meses depois de formado. Durante a década de 1930.</p>	Ernst Mayr	
(1880-1930)	<p>Geólogo, geofísico e meteorologista alemão. Durante sua vida, tornou-se conhecido principalmente por suas realizações em meteorologia e como um pioneiro da pesquisa polar, mas hoje ele é mais lembrado como o criador da hipótese da deriva continental, sugerindo em 1912 que os continentes estão vagarosamente à deriva em torno do Terra. É aceita a teoria da deriva continental (final da década de 60).</p>	Alfred L. Wegener	

(1913-1976)	<p>Biólogo alemão, considerado o pai da Sistemática Filogenética. Em 1945, como prisioneiro de guerra, Hennig começou a trabalhar em sua teoria cladística, publicada em alemão em 1950, com uma revisão profunda em sua tradução para o inglês em 1966. Com seus trabalhos em evolução e sistemática, ele revolucionou a visão da ordem natural dos seres vivos. Como taxonomista, Hennig era especialista em dípteros.</p>	Willi Hennig	
(1894-1982)	<p>Botânico franco-italiano que desenvolveu uma síntese ortogenética da evolução da forma biológica no espaço, no tempo, que chamou de panbiogeografia disciplina baseada na análise de padrões de distribuição de organismos. O método analisa distribuições biogeográficas por meio do desenho de trilhas e obtém informações da forma e orientação dessas trilhas.</p>	Léon Camille Marius Croizat,	
(1903-1991)	<p>Ecólogo anglo-americano considerado o "<i>pai da ecologia moderna</i>". Em 1942 Hutchinson foi responsável pela publicação póstuma do artigo seminal de Raymond Lindeman na revista <i>Ecology</i>, o primeiro que usa o conceito de ecossistema e demonstra o fluxo da energia ao longo das teias tróficas de organismos produtores e consumidores.</p>	George Evelyn Hutchinson	
(1929-2021)	<p>Edward O. Wilson foi um renomado entomólogo e biólogo norte-americano conhecido por seu trabalho com ecologia, evolução, sociobiologia e biogeografia de ilhas.</p>	Edward O. Wilson	
(1930-1972)	<p>Foi coautor de <i>The Theory of Island Biogeography</i> (1967), um trabalho que mudou o campo da biogeografia, impulsionou a ecologia comunitária e levou ao desenvolvimento da ecologia da paisagem moderna. Sua ênfase no teste de hipóteses ajudou a mudar a ecologia de um campo primariamente descritivo para um campo experimental e impulsionou o desenvolvimento da ecologia teórica</p>	Robert H. MacArthur	

Após o refinamento das teorias e métodos propostos ao longo dos séculos temos como base três eventos fundamentais na Biogeografia que se consolidaram, como responsáveis por moldar os padrões de distribuição das espécies no planeta. Devendo ser analisados em conjunto o espaço [área geográfica da espécie] o tempo [eventos que influenciaram nos padrões atuais] e a forma [grupo de organismos com diferentes formas e adaptações ao meio] (Gillung, 2011).

O botânico León Croizat (1894– 1982) descreveu que a evolução das espécies só se fez presente à luz dos movimentos geológicos da terra, sendo assim as mudanças no padrão de distribuição das espécies resulta na tríade espaço, tempo e forma onde esses fatores descrevem a dispersão, extinção e vicariância das espécies (Santos, 2011, p. 07).

## 2.2 Dispersão

A dispersão é um fator-chave na diversificação das espécies e na criação de padrões de distribuição geográfica. E nessa linha tênue de concepções que Santos, (2011, p. 09) descreve a dispersão como o fator que molda as comunidades biológicas em diferentes regiões do planeta, sendo um dos principais processos que influenciam na distribuição geográfica das espécies. Esse processo pode ocorrer de várias maneiras, incluindo:

- *Dispersão Passiva*: Isso ocorre quando os organismos são transportados passivamente de um local para outro por meio de forças naturais, como vento, água, correntes oceânicas ou aderência a outros organismos, como pássaros ou mamíferos.
- *Dispersão Ativa*: Nesse caso, as espécies se movem ativamente para colonizar novas áreas. Isso pode envolver migração de animais terrestres, voo de aves ou ação locomotora de outros organismos.
- *Dispersão Humana*: A ação humana desempenha um papel significativo na dispersão de espécies. Através da globalização, transporte e

comércio, muitas espécies foram introduzidas em novas áreas, muitas vezes resultando em impactos ambientais, como espécies invasoras.

### 2.3 Extinção das espécies

A extinção<sup>2</sup> das espécies influencia profundamente a Biogeografia uma vez que, promove a redistribuição de novas espécies em diferentes partes do planeta replicando a diversidade aumentando significativamente a diferenciação de biomas, estabelecendo os *hotspots*, que podem ser definidos como áreas com grande biodiversidade, ricas principalmente em espécies endêmicas.

Os principais fatores que contribuem para extinção das espécies são:

- Mudanças ambientais: mudanças no ambiente, mudanças climáticas severas, desastres naturais, poluição e degradação de ecossistemas.
- Introdução de espécies invasoras: introdução humana acidental, ou por motivos socioeconômicos.
- Perda do habitat: modificações no espaço geográfico, cidade, atividades agrícolas ou industriais levando a perda significativa do habitat e a extinção das espécies.
- Exploração e caça excessiva: exploração predatória dos recursos naturais.
- Poluição do ar, água e solo que causa danos significativos nas populações de diferentes espécies.

---

<sup>2</sup> Para uma melhor compreensão de modelos de estimativa de extinção ler o livro: Modelos Ecológicos e a Extinção da Megafauna: clima e homem na América do Sul / Matheus Souza Lima-Ribeiro, José Alexandre Felizola Diniz-Filho. – São Carlos: Editora Cubo, 2013.

## 2.4 Vicariância

A vicariância refere a separação geográfica de populações que originalmente estão relacionadas a uma barreira geográfica, ou seja, rio, montanhas, oceanos ou uma mudança no clima. Impedindo o fluxo gênico de populações, criando assim espécies que se formam a partir de uma população original (Miranda; Dias, 2012, p. 229).

Com o tempo essas espécies podem evoluir se adaptando e formando novas populações completamente distintas. A propósito do tema, Wilson (2012) menciona que a vicariância consiste em uma das principais formas de diferenciação de linhagem, sendo o isolamento geográfico e a seleção natural as principais formas de compreensão da diversidade biológica e da distribuição geográficas das espécies.

Para Miranda e Dias (2012, p. 230) a especiação se dá por diferentes variações:

- **Especiação alopátrica** (alo = outros; pátrica = lugar). Sendo o mais frequente de especiação, ocorrendo em decorrência do isolamento geográfico, podendo surgir uma diferença genética. Exemplo: ocorre graças a migração de um pequeno grupo populacional fora dos limites da população original.
- **Especiação simpátrica** (sim = igual; pátrica = lugar): mesma área geográfica, sem barreira geográfica. Exemplo: populações passam a explorar novos nichos se isolando gradativamente, podendo ocorrer modificação genética, afetando o cruzamento das espécies.
- **Especiação parapátrica** (para = ao lado; pátrica = lugar): inexistência de barreira geográfica, as populações vivem em áreas contínuas, sendo o cruzamento ocorrendo entre indivíduos próximos, contribuindo para redução da espécie.

Esse pensamento revolucionou a forma de compreender a diversidade biológica e sua distribuição espacial sendo a base da Biogeografia moderna,

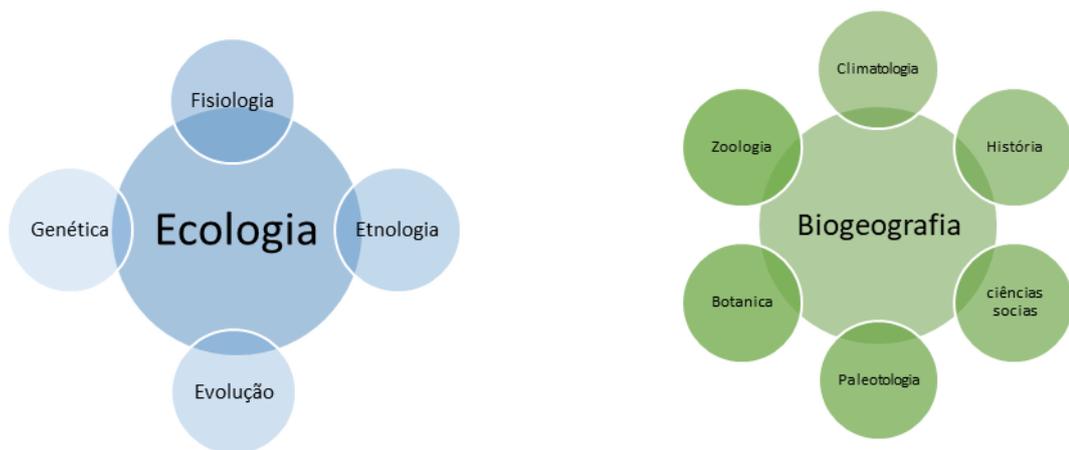
forneendo uma variedade de métodos para melhor compreensão da Biogeografia evidenciando um amadurecimento desta ciência.

Contudo, a notável contribuição desses cientistas, que propuseram avanços significativos à ciência biogeográfica, por si só não representam a totalidade de ramificações existente na atual Biogeografia, sendo provável a ausência de muitos outros nomes que contribuíram mesmo que timidamente para a consolidação desta ciência.

Dessa forma, Hugget (1998) em seu livro *Fundamentals of Biogeography* descreve que a Biogeografia significa diferentes coisas para diferentes pesquisadores graças aos seus subcampos como a Biogeografia histórica, Biogeografia ecológica, Biogeografia de ilhas, Biogeografia urbana, Biogeografia médica com ramificações na Fitogeografia e Zoogeografia, Paleobiogeografia.

Segundo, Murara (2015) a Biogeografia é uma ciência que possui caráter multidisciplinar resultando em abordagens biogeográficas com as mais variadas perspectivas, tornando seu objeto de pesquisa impreciso, muitas vezes, confundido com as ciências biológicas como a Ecologia (Figura 09).

**Figura 09-** Diferenciação de ramos científico na Biogeografia e Ecologia



Org. Souza, 2023.

E importante salientar, que alguns autores se referem à Biogeografia como ciência da Biologia e não da Geografia, considerando a diversidade de métodos com enfoque ecológico e biológico. Nesta perspectiva, os biólogos Brown e Lomolino (1998, p. 5) destacam:

[...] A Biogeografia é um ramo da Biologia, tendo como importante o domínio de conceitos como Ecologia e evolução, sendo necessário estar familiarizado a grupos de plantas e animais e saber algo sobre a anatomia, fisiologia, desenvolvimento e história evolutiva. Naturalmente é importante saber algo de Geografia, como, por exemplo, a posição dos continentes, a extensão de montanhas, desertos e lagos.

O conhecimento produzido ao longo dos séculos por naturalista e cientistas produziu uma Biogeografia, voltada para as ciências biológicas deixando os aspectos geográficos como resíduo criando trabalhos incrivelmente detalhados e complexos atribuindo às ciências da Ecologia, Genética, Fisiologia, Evolução e Etologia a responsabilidade de espacializar os seres vivos no planeta, mesmo que sua espacialização se der por gráficos ou tabelas.

A ausência de geógrafos na Biogeografia, se deu pela própria indefinição do objeto geográfico que perdurou por décadas contribuindo para ecólogos e biólogos se apropriarem de uma vasta área de conhecimento da Geografia física. Nessa linha tênue de concepções Vuilleumier (1999) apud Andrade (2012, p.4) descreve:

“What it depends on is whether biogeographers are interested in plants or in animals. If in animals, it depends on whether these creatures are marine or terrestrial. It depends also on the spatial scale studied, whether local, regional, or continental. Further, it depends on the temporal frame a biogeographer considers, whether short-term, Pleistocene, or encompassing distant epochs. Finally it depends on whether a biogeographer is interested in ecological causation (ecological biogeography) or in phylogenetic history (historical biogeography). Regardless of the actual focus, however, what is biogeographers work on are species”.

Compreender as convergências e/ou divergências intrínsecas na Biogeografia não é tarefa fácil. De acordo com Furlan (2007) para compreender a espacialização dos seres vivos e necessário obter conhecimento de campos muito distintos confirmando assim a interdisciplinaridade e a importância dessa ciência.

O fato é que devido a vasta área de conhecimento a Biogeografia não costuma atrair muitos adeptos Camargo e Troppmair (2002, p. 146) Andrade (2012 p.40) apontam os motivos deste distanciamento:

- A complexidade desta ciência exigindo conhecimento na biologia, química, botânica, zoologia, taxonomia e tantas outras.
- Dificuldade em fazer estudos integrados entre a Fitogeografia [plantas] e Zoogeografia [animais]
- Estudo com animais [Zoogeografia] tende a ser raro devido a localização exigindo mapeamento em áreas remotas ou de difícil acesso, a localização de algumas espécies exige trabalhos noturno.
- Historicamente a biogeografia tem sido desenvolvida por biólogos praticadas com foco na espécie sem analisar de outras variáveis abiótica e antropogênicas.

## **2.2 A Biogeografia nacional**

Os primeiros estudos biogeográficos no Brasil seguem a linha naturalista de expedições e observações na paisagem seguida pela coleta e criação de coleções de identificação da fauna e flora brasileira por meio de relatos de cronistas e missionários por todo o país. De acordo com Andrade (2012) os primeiros trabalhos científicos surgem durante o domínio holandês no governo do príncipe João Maurício de Nassau (1637-1644) o médico e naturalista Guilherme Piso (1611-1678) publica o tratado de Medicina brasileira depois de expedições e coletas de plantas na região nordeste construindo-se as bases da farmacologia no país.

Outro grande naturalista brasileiro foi Alexandre Rodrigues Ferreira, nascido na Bahia em Salvador (1756-1815) se destacou por uma extensa viagem que percorreu o interior da Amazônia até Mato Grosso entre os anos de 1783-1792, o

objetivo era conhecer a região central e norte do país até então desconhecida. Estabelecida na História como viagem filosófica, teve por finalidade coletar animais e plantas bem como tecer comentários filosóficos por onde passava, todo o material coletado foi enviado ao museu de Lisboa, Portugal onde permanece até hoje Biblioteca Nacional, 2024.

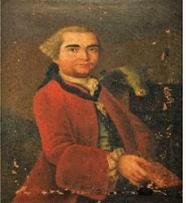
Pierre Dansereau (1911-2011), biogeógrafo botânico canadense veio ao Brasil por meio de acordo científico firmado com o Canadá em 1944, lecionou em universidades brasileiras e seu principal trabalho tratou sobre os estudos da dinâmica das florestas e o espaço urbano. Dansereau deixou discípulos como Dora Romariz e Edgar Kuhlmann, que seguiram a mesma linha de pesquisa dedicando-se a Fitogeografia (Camargo; Troppmair, 2002).

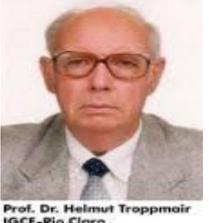
Ainda segundo os mesmos autores, Edgar Kuhlmann (1920-2015) foi o primeiro professor de Biogeografia do país iniciando seus trabalhos na universidade do Rio de Janeiro, ingressando no IBGE em 1942 participando da elaboração do mapa de vegetação do estado do Paraná em 1953 e relatório sobre os aspectos da vegetação brasileira em 1974.

A replicação desse conhecimento se reflete no repentino aumento na produção científica do país com a criação de grupos de estudo e a inserção da ciência biogeográfica na grade curricular dos cursos de geografia no país no final da década de 1980 (Furlan, 2015).

No que tange ao desenvolvimento da produção científica nacional podemos citar alguns cientistas que ao longo do tempo promovem o crescimento da biogeografia no país. (Quadro 03).

**Quadro – 03** Linha cronológica da biogeografia brasileira

(1756-1815)	Comandou a Viagem Filosófica, com o objetivo de averiguar a natureza e suas potencialidades nas capitanias do Grão Pará, Rio Negro, Mato Grosso e Cuiabá, entre 1783 e 1792.	Alexandre Rodrigues Ferreira	
(1794-1868)	Dedicou principal atenção à flora do Brasil, além de numerosos artigos curtos, publicou a Nova Genera et Species Plantarum Brasiliensium (1823-1832)	Carl Friedrich Philipp von Martius	
(1842-1909)	Esteve na Amazônia em uma missão científica do governo imperial (1872-1875). Anos mais tarde organizou e dirigiu, em Manaus, o Jardim Botânico, inaugurado em 1883 sob o patrocínio da Princesa Isabel e extinto após o Golpe Republicano Em 1890 tornou-se diretor do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o qual dirigiu até sua morte.	João Barbosa Rodrigues	
(1911-2011)	Formado em agronomia, obteve um doutorado em botânica na Universidade de Genebra, Suíça, em 1939. Em 1945 e 1946 lecionou em universidades do Brasil, a convite do governo brasileiro, colaborando ainda com o Conselho Nacional de Geografia.	Pierre Dansereau	

(1920-2015)	Geógrafo, ingressou no IBGE em 1942 por indicação do professor francês Francis Ruellan. Um dos pioneiros das pesquisas de campo do IBGE, Kuhlmann desenvolve, juntamente com Alfredo Porto Domingues, os primeiros estudos de Biogeografia na Instituição.	Edgar Kuhlmann	
(1914-2014)	Naturalista brasileiro, foi o maior coletor de espécies vegetais do Cerrado do século XX e entre 1943 e 2007, coletou 6008 espécies. Os exemplares estão espalhados pelos herbários do mundo todo. Várias das espécies que coletou foram descritas como espécies novas.	Amaro Macedo	
(1920-2012)	Domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Brasil	Aziz Ab'Saber	
Atualmente é Professor Titular da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	Definiu Geossistema como parte de um sistema aberto, homogêneo e “espacial natural”, definido por: sua morfologia: expressão física do arranjo dos elementos e da conseqüente estrutura espacial; sua dinâmica: fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema e que varia no espaço e no tempo; - sua exploração biológica: flora, fauna e o homem.	Helmut Troppmair	 <small>Prof. Dr. Helmut Troppmair IGCE-Rio Claro</small>

Atualmente  
professora doutora -  
Departamento de  
Geografia (FFLCH-  
USP)

Autora de mais 40 livros publicados nas mais diversas áreas sobre o meio ambiente e biogeografia.

Sueli Ângelo Furlan



Atualmente é  
professor titular da  
Universidade  
Estadual de Maringá

Autor de treze livros, com destaque para Biogeografia e Paisagem.

Messias M. dos  
Passos



Fonte: google acadêmico. Org pelo autor 24/10/2023

Com o crescente desenvolvimento tecnológico e industrial do século XX o processo de globalização se intensifica encurtando o tempo e reduzindo o espaço, o desenvolvimento promove a desigualdade e a degradação ambiental. O discurso verde tende a ser disseminado pelo mundo na busca por uma sustentabilidade até então pouco promissora, a ciência biogeográfica sofre adaptações levando ao entendimento de uma natureza cada vez mais fragmenta e não “natural” de toda forma de vida.

Para Andrade (2012), a Geografia desde seu estabelecimento como ciência concedeu a Biogeografia o status de relevância, onde jamais poderíamos pensar a Geografia excluindo fatores bióticos afinal, os seres vivos fazem parte do espaço geográfico.

A então divisão da Geografia, enraizada nas universidades do país e estimulada por muitos profissionais da área estabeleceu núcleos de conhecimentos específicos deixando a menor parcela para os Geógrafos físicos. Referindo-se ao tema, Passos (2003), descreve a Biogeografia como um ramo da Geografia Física que notabilizou o conceito de Geossistema atribuindo assim, a característica social e cultural que lhe faltava na procura pela definição do seu objeto de estudo.

### **2.3 Teoria Geossistêmica nos estudos da Biogeografia**

Os impactos gerados pela ação humana transformaram a paisagem natural em frágil, fragmentada, adaptada às constantes modificações do espaço. A nova paisagem transforma-se em nada mais que um produto da ação humana sobre a natureza, desta forma, o espaço não se torna independente do natural, Bertrand (2004), em seus estudos, alertava que não existe paisagem totalmente natural, a paisagem total consistem em um fator real, ou seja, a paisagem total é aquela que integra todos os elementos das ações humanas e da natureza.

O botânico Artur Tansley (1871-1955) pioneiro nos estudos da Ecologia e o primeiro a usar o termo ecossistema, descrevendo os fatores abiótico e biótico esclarece que *“O ecossistema e um agrupamento de populações que interagem entre si em determinada região com o meio”*. mesmo a relação conceitual estabelece

um meio dando assim, a ideia de modificação da paisagem por atividades humanas. Bertrand (1968), descreve que o *ecossistema* não tem suporte espacial portanto não pode ser considerado um conceito geográfico.

Todavia, o conceito de *Geossistema* atribuído a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) — proposta pelo biólogo Ludwing Vom Bertalanffy no seminário de Chicago em 1937 — surge com ideias opostas à Teoria Mecanicista que estabelecia a natureza como uma máquina e os fenômenos físicos explicados pelos fenômenos dos movimentos, porém a teoria não atendia às expectativas de outros campos da ciência (Roberto 2008, pág. 69).

Bertalanffy inicialmente acreditava que aos fenômenos biológicos não poderiam ser descritos por leis físicas e métodos tradicionais da ciência da época buscando substituir essa ciência mecanicista por uma visão holística. A totalidade está interligada e não fragmentada. Bertalanffy acreditava que essa abordagem poderia unir várias ciências isoladas e fragmentadas.

Desta maneira, podemos observar a distância conceitual dos conceitos de *Ecossistema* e *Geossistema*, ambas as correntes metodológicas distintas que empregam ao biólogo, ecólogo e ao geógrafo uma compreensão de mundo diferente sendo sem dúvida, a mais e complexa a do geógrafo de ver o mundo por uma compreensão horizontal da realidade e o biólogo e ecólogo possuem uma visão mais vertical atribuindo-se uma reduzida compreensão do todo.

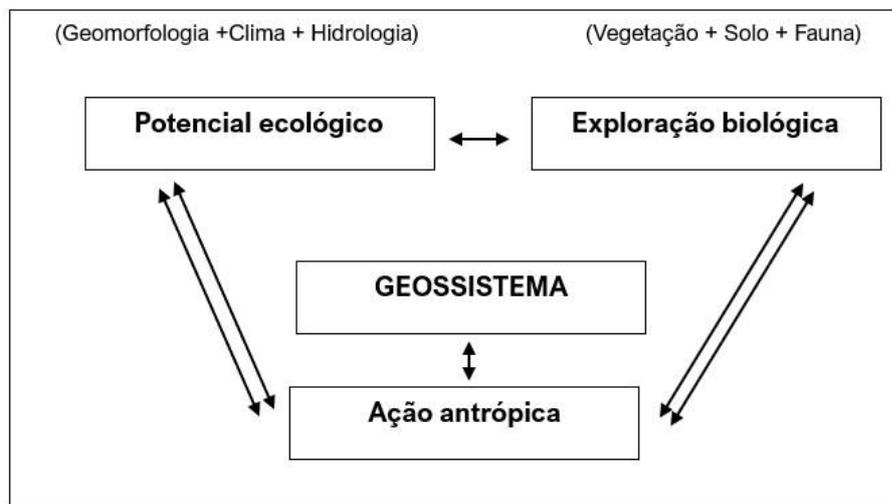
Seguindo as ideias apresentadas anteriormente Santos e Pereira (2018 p. 82), descrevem que desse ponto de vista, o *ecossistema* passa a ser um subsistema do *geossistema*, sendo esse de abordagem mais ampla. Através do princípio dual do *Geossistema* cria-se condição para chegar à regionalização a individualização os componentes naturais para sua delimitação.

A definição conceitual do *Geossistema* chega à Geografia na década 1960, com os primeiros estudos sendo realizado pelo russo Viktor Borisovich Sotchava e posteriormente com uma versão adaptada pelo francês Georges Bertrand (1968). Na concepção de Sotchava, Dias e Santos (2007, pág. 15), descrevem que:

[...] o geossistema e o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associado a exploração biológica formados por paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução [...].

Com a finalidade de compreender e adaptar a proposta da escola russa Bertrand descreve o Geossistema incorporando a ação antrópica postulando a tríade geossistêmica (Figura 10).

**Figura - 10** Geossistema de Bertrand, 1968



Fonte: Bertrand 1968. Org pelo autor 2024.

A adaptação introduzida por Bertrand impulsionou novas formas de análise do espaço geográfico segundo Ferreira (2023) esse olhar permite uma definição ampla e multifacetada “ampla porque inclui a natureza e sociedade e multifacetada porque pode ser aprendida sob diferentes perspectivas” Quadro 04.

**QUADRO 04** - Sistema de Classificação espacial das paisagens, com base em Bertrand 1968.

Unidade da paisagem	Escala espaço-temporal (CAILLEUX; TRICART)	Ex: Série de Paisagens	Relevo	Elementos fundamentais
Zona	Grandeza. I (*) + DE 1.000.000 Km <sup>2</sup>	Equatorial	Depressão Amazônica	Climáticos e Estruturais
Domínio	Grandeza. II 100.000 a 1000.000 Km <sup>2</sup>	Floresta Equatorial Amazônica		
Região natural	Grandeza. III_IV 1000 a 100000Km <sup>2</sup>	Floresta Ombrófila Densa		
Geossistema	Grandeza. IV – V ±10 a 1 Km <sup>2</sup>	Planalto da Amazônia Oriental	Unidade Estrutural	Biogeográficos e Antrópicos
Geofáceis	Grandeza. VI. Km <sup>2</sup>	Latosolos amarelos	Local e Microclima	
Geótopos	Grandeza. VII. (mm <sup>2</sup> )	Quadra (parcela) da cidade Pequena área com indivíduos		

Fonte: Adaptado de George Bertrand.Org. autor 2024.

Nota (\*) G = Grandeza entre as unidades são muito aproximadas e dada somente a título de exemplo. Conforme A. Cailleux e J. Tricart. M. Sorre R. Brunet.

Ainda segundo este mesmo autor, a paisagem e a abordagem geossistêmica utilizam as bases da Cartografia biogeográfica, indo além das entradas separatista do clima, solo, relevo, vegetação tendo como disciplina reinante a Geomorfologia. O Geossistema território e paisagem, aborda as dimensões e temporalidades da natureza e sociedade junto aos estudos ambientais.

Conforme pesquisas desenvolvidas por Passos (2003), a Biogeografia sofre diferentes abordagens metodológicas, compreender as variáveis, torna possível a distribuição das espécies, considerando-se um desafio dependendo da escolha de sua escala de análise.

Desse modo, compreender a importância da espécie estudada (diatomáceas) faremos a opção de estudá-la na menor parcela de um geossistema o (geótopo). Seguindo a escala geográfica de tempo e local na análise de estudo.

#### **2.4 O Geótopo como categoria de análise biogeográfica**

O Geossistema definido por Bertrand, associado após a sua reinterpretação a Teoria geossistêmica incorporou o modelo tripolar Geossistema<sup>3</sup> Território Paisagem (GTP) aos aspectos sociais e culturais. A releitura teórica metodológica estimulou a Biogeografia a multidisciplinariedade. Para Ferreira e Neves (2023), a relação de um sistema de conceito único, o mesmo empregado na ecologia a partir do ecossistema<sup>4</sup> não permite compreender a totalidade da complexidade (natureza-sociedade).

---

<sup>3</sup> Conceito de geossistema: É a representação espaço-temporal da natureza antropizada, logo, é um conceito essencialmente naturalista que permite analisar a estrutura e o funcionamento biofísico de um espaço geográfico como ele atualmente funciona, ou seja, o seu grau de antropização George Bertrand.

<sup>4</sup> Conceito de Ecossistema: É um conjunto formado pelos fatores bióticos e abióticos de um ambiente e as relações estabelecidas entre eles. O botânico Arthur George Tansley (1871-1955) foi pioneiro nos estudos da ecologia e o primeiro a usar o termo ecossistema.

Após a incorporação do conceito de paisagem por Bertrand a Geografia física fixa as suas conjecturas e promove o desenvolvimento de trabalhos não apenas relacionados aos aspectos físicos, mas, estabelece conexões com outras ciências. Em concordância com os argumentos expostos a proposta de Bertrand (2007) descreve níveis de organização superiores e inferiores onde a mudança na escala de análise da paisagem, expressa o grau de detalhamento do objeto de estudo.

Sendo assim para observação de um espécies deve-se ter como critério de análise as unidades inferiores, no caso, o *Geótopo*. Segundo Georges Bertrand (1972), “*são as menores unidades de um geossistema e que correspondem a particularidades topo-geomorfológicas (geralmente servindo de refúgio a uma comunidade ou relíquia)*”. Contudo vale ressaltar que o emprego de conceitos biológicos não pode ser usado como sinônimos na Biogeografia, torna-se comum encontrarmos na literatura conceitos biológicos que resultam em certa confusão para o leitor o termo *biótopo*<sup>5</sup> ou *ecótopo* em muitos casos são usados como sinônimos.

Vale salientar que segundo Bedê *et al* (1997) o fator decisivo para o detalhamento de um geótopo está em sua escala a ser analisada, o geótopo possui múltiplas possibilidades de aplicação considerando-se aspectos industriais, urbanos e rurais identificando-se as zonas de potencial ou de preservação.

As análises horizontal e vertical do geótopo são facilitadas por imagens de satélites, ferramentas úteis na identificação e detalhamento de um geótopo, sendo o mais promissor o uso de modelo digital de elevação, MDE que consiste em um modelo matemático para representação de um fenômeno de forma contínua.

---

<sup>5</sup> Em Ecologia, um biótopo ou ecótopo é uma região que apresenta regularidade nas condições ambientais e nas populações animais e vegetais. Corresponde à menor parcela de um habitat que é possível medir geograficamente.

Todavia, o trabalho de campo torna-se uma etapa fundamental na validação dos elementos coletados, as ferramentas e procedimentos geotecnológicos não substituem a percepção que o ser humano possa ter sobre a paisagem. Mesmo sendo atingidas por degradação e processos erosivos, as unidades geomorfológicas, servem de abrigo e refúgio a pequenos animais ou ambientes com características únicas.

Diante disso, Souza *et al* (2020), descrevem que a modificação de ambientes naturais fragmentou a paisagem afetando todo o sistema global, assim natureza torna-se híbrida passível de modificações constantes, atribuindo ao homem a nova era geológica o Antropoceno.

## **2.5 O Antropoceno e a natureza híbrida**

O termo Antropoceno foi citado pela primeira vez no artigo de Paul Crutzen e Eugene Stoermer (2000) no boletim do Programa Internacional Geosfera-Biosfera, que sugere mudanças climáticas, responsáveis por alterações no padrão climático interferindo em todo o planeta. Atualmente, há possíveis motivos de quando teria realmente começado essa Era que para muitos cientistas é considerada a nova “Era Geológica” do Quaternário.

De acordo com Paul Crutzen e Eugene Stoermer (2000) a “nova era” teria iniciado por volta do século XVIII período esse que compreende a Revolução Industrial com o desenvolvimento da máquina a vapor.

Entretanto, alguns cientistas discordam e descrevem que o Antropoceno teria iniciado no século XVII, quando as expedições tornaram possível a colonização das Américas levando ao extermínio de 5 milhões de tribos nativas transformando milhares de hectares de áreas cultivadas em floresta, sequestrando enorme quantidade de dióxido de carbono da atmosfera, deixando traços desse registro na geologia no planeta.

Para a Organização das Nações Unidas (ONU) o Antropoceno é marcado pelo início do processo de urbanização mundial e crescimento populacional da

década de 1950 período esse, que compreende a Revolução Verde e o surgimento das complexas aglomerações urbanas.

Ao direcionarmos nosso olhar para os fatores abióticos a intensidade das atividades humanas torna propício a constituição de “biomas antropogênicos” compostos por elementos de uma natureza fragmentada onde as comunidades vegetais e animais, são frutos de geótopos isolados na cidade, com baixa diversidade reproduzido por ciclos socioeconômicos.

Essa rugosidade que reflete o tempo presente com feições do passado, impõe ações de possíveis construções cíclicas. Troppmair (2004) descreve os sistemas urbanos como um sistema aberto mantendo relações com outros sistemas, entretanto, não pode se comparado a um ecossistema em virtude da entrada de energia e a falta de equilíbrio.

A partir desta constatação, faz-se necessário repensar o surgimento da geografia urbana sob a degradação ambiental em sistemas urbanos Siqueira (2018), descreve que:

[...] Na perspectiva ambiental vivemos um processo de profundas mudanças como a degradação e redução dos ecossistemas, a fragmentação dos biomas, a descaracterização dos fragmentos remanescentes, as influências antrópicas na dispersão de muitas espécies, os efeitos das mudanças climáticas sobre o planeta, afetando as dinâmicas sociais e ambientais, a preocupação com preservação da biodiversidade, a problemática das invasões biológicas, as redefinições geográficas dos territórios, a busca de modelos sociais e ambientais sustentáveis, o crescimento da consciência ambiental, entre outros [...]

Portanto, a necessidade de evitar o desequilíbrio ambiental se faz presente, sendo este um processo ou estado a ser evitado ou contornado onde a Biogeografia acrescenta variáveis ambientais e espaciais que descrevem a dinâmica urbana atual. A falta visível de uma ordem não significa ausência de um padrão, o caos e a ordem do possível.

Escalas muito pequenas podem tornar a dinâmica urbana invisível e escalas grandes podem deixar invisível atributos ambientais a serem preservados ou observados a Biogeografia torna possível a constatação que o ser humano alterou a superfície da Terra. Evidenciou-se desse modo, como uma ciência multidisciplinar possibilitando-se mensurar a modificação da

paisagem e adoção de uma política na busca por um equilíbrio entre os grupos humanos e a natureza.

## CAPÍTULO III

### DIATOMÁCEAS COMO BIOINDICADORES DO AMBIENTE

---

#### 3.1 A Origem das diatomáceas

O termo diatomácea deriva do grego clássico *diátomos* 'cortado a meio', de através ou dividido, uma referência à presença em muitas das espécies que possuem um rafe que, quando observada ao microscópio óptico, aparenta ser uma fissura que divide a célula em duas metades.

As diatomáceas formam um dos mais diversos e abundantes grupos de algas, porém, dado suas dimensões diminutas, elas eram completamente desconhecidas pelo homem até, pelo menos, o início do século XVIII, somente com a invenção do microscópio foi possível sua visualização e classificação no reino protista. (Vieira, 2011, p. 108).

Bacillariophyta, ou diatomáceas, é a designação dada em biologia e taxonomia a um numeroso e biodiverso agrupamento taxonômico de algas unicelulares que atualmente contém aproximadamente 100 mil espécies identificadas. O grupo caracteriza-se pela presença de um tipo específico de parede celular, designado por frústula, composta por sílica opalina (Mann & Vanormelingen, 2013, p. 414).

Constitui um dos tipos mais comuns de fitoplâncton, assumindo na maioria dos ambientes marinhos e lacustres função dominante entre os produtores (organismos autotróficos) que formam a base da cadeia alimentar, gerando 20 - 50 % do oxigênio molecular liberado na atmosfera terrestre a cada ano (Lopes *et al.*, 2011, p. 193).

Os primeiros registos fósseis conhecido sugere que as diatomáceas se originaram depois do período Jurássico Inferior, há cerca de 150-200 milhões de anos, apesar dos primeiros restos corpóreos conhecidos estarem datado do Paleógeno. Na escala de tempo geológico, o é o período da era cenozóica que está compreendido entre 65,5 milhões há 30 milhões de anos,

aproximadamente. O período Paleógeno sucede ao período Cretáceo da era mesozoica (VIEIRA, 2011, p. 109).

As comunidades de diatomáceas são usadas para monitorar condições ambientais passadas e presentes, constituindo uma ferramenta frequentemente utilizada para a vigilância das condições ambientais, nomeadamente da qualidade da água e do seu estado trófico, e no estudo das alterações climáticas.

Por possuírem uma ampla distribuição geográfica, podem ser encontradas nos mais diversos tipos de ambientes aquáticos (águas marinhas, lagos, rios). Classificadas em planctônicas e perifíticas. As planctônicas estão livremente suspensas na coluna d'água. Figura 11 enquanto as perifíticas estão aderidas a algum tipo de substrato submersos sendo esse grupo descrito nessa pesquisa.

**Figura 11** - Diatomáceas vistas do espaço.



Fonte: Curiosidade 2023.

Para Smol & Stoermer (2010) o estudo das diatomáceas pode ser dividido em três eras:

A primeira, entre 1830 e 1900, denominada “era da exploração”, a qual foi marcada pela identificação e descrições de novos táxons, descobertas sobre

o ciclo de vida e a fisiologia das espécies, e um breve conhecimento sobre a distribuição geográfica.

A segunda era (1900-1970), “era da sistematização”, tinha como objetivo criar sistemas que tornassem as diversas informações mais gerenciáveis, chamados de sistemas e espectros, nos quais as diatomáceas foram ordenadas de acordo com suas preferências ecológicas.

A era vigente, ou “era da computação”, marcada pelo avanço de software, tornando possível determinar quantitativamente e com precisão as variáveis que mais influenciam na ocorrência e no crescimento das espécies.

De acordo com Lehmkuhl, (2019, p. 76) nenhuma dessas eras se estagnaram, pois o conhecimento gerado se acumula e se transforma, e novas espécies continuam sendo descobertas. Estudos sobre o ciclo de vida e fisiologia continuam a avançar e o uso das espécies como indicadores ambientais continua sendo realizado em âmbito mundial.

A eficiência do uso de diatomáceas como bioindicadores da qualidade ambiental ocorrem pelos seguintes fatores:

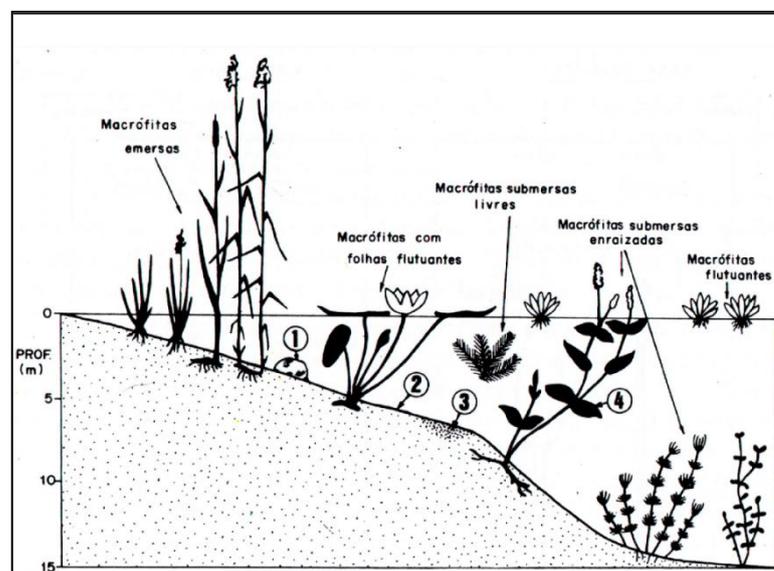
- São sensíveis a diferentes impactos e reagem rapidamente;
- Não realizam migrações sendo ótimo representante das condições locais;
- Apresentam grande abundância e são fáceis de serem coletados e identificados;
- Possuem um ciclo de vida extremamente curto, respondendo de forma rápida as alterações ambientais (Lopes *et al.*, 2011 p 194).

Segundo Johnson *et al.* (1993), para um indicador biológico ideal deve possuir, dentre outras, as seguintes características:

- ser taxonomicamente bem definido;
- apresentar distribuição geográfica ampla;
- ser abundante ou de fácil coleta;
- apresentar baixa mobilidade.

As diatomáceas são bastante representativas entre as algas do fitoplâncton, crescendo abundantemente em diversos corpos de água doce. Muitas são, no entanto, de hábito não planctônico, crescendo sobre outras plantas (epifíton), sobre rochas (epilítion), sobre grãos de areia (epsamon) ou sobre o sedimento de fundo no leito (epipelon). Figura 12.

**Figura 12** - Representação das comunidades de acordo com a natureza do substrato: (1) epilítica; (2) epipélica; (3) episâmica; (4) epifítica.



FONTE: Esteves (1998, fg. 20.2).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente e o Departamento de Recursos Hídricos/Divisão do Estado Qualitativo da Água (2017, p. 2). A norma descritiva nº 2000/60 decreta que o Parlamento Europeu passará a avaliar o bom estado da água usando como referência o seu estado ecológico baseado no conceito de sistemas lóticos, ou seja, nas condições hidromorfológicas, físico-químicas e nas condições biológicas esta última inclui fitoplâncton, macrófitas ou invertebrados da fauna piscícola.

Tal proposta produziu ao longo do tempo, trabalhos científicos no âmbito de bacias hidrográficas, em todo o continente europeu se espalhando para países africanos e asiáticos, criando manuais detalhados de métodos de

avaliação das águas por diatomáceas e outros organismos biológicos tendo como substituição métodos físico-químico na análise geral do bom estado da água.

Por estarem presente em abundância desde a nascente até a foz de rios as diatomáceas possuem uma distribuição homogênea permitindo a comparação em diversos *hábitat* dentro da bacia hidrográfica, bem definidos e facilmente amostráveis — sendo possível proceder com uma identificação e quantificação relativamente rápida e precisa — conferindo uma vantagem em programas de monitoramento de bacias hidrográficas (Round, 1991).

### **3.2 Diatomáceas no Brasil**

No Brasil, a legislação ambiental não obriga a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a monitorar os ambientes aquáticos utilizando métodos de coleta de diatomáceas — realidade muito diferente de países europeus — onde há laboratórios especializados para identificação de novas espécie e emissão de relatórios (Lehmkuhl, 2019, p. 79).

As primeiras coletas de diatomáceas no Brasil, datam de 1829. Historicamente as amostragens foram coletadas em água doce, marinha, e húmus aderidos a gramíneas também conhecida como gramíneas, capins, gramas ou relvas em Tefé (AM), Praia da Barra (RJ) e Santo Antônio do Monte em Minas Gerais.

Os exploradores naturalistas Eduard Friederich Poeppig e Karls Sigismund Kunth foram responsáveis pelas coleções. As amostras foram enviadas para Ehrenberg na Alemanha e, os respectivos artigos foram publicados em 1843 (Stéfano Zorzal-Almeida et al., 2022 p. 02).

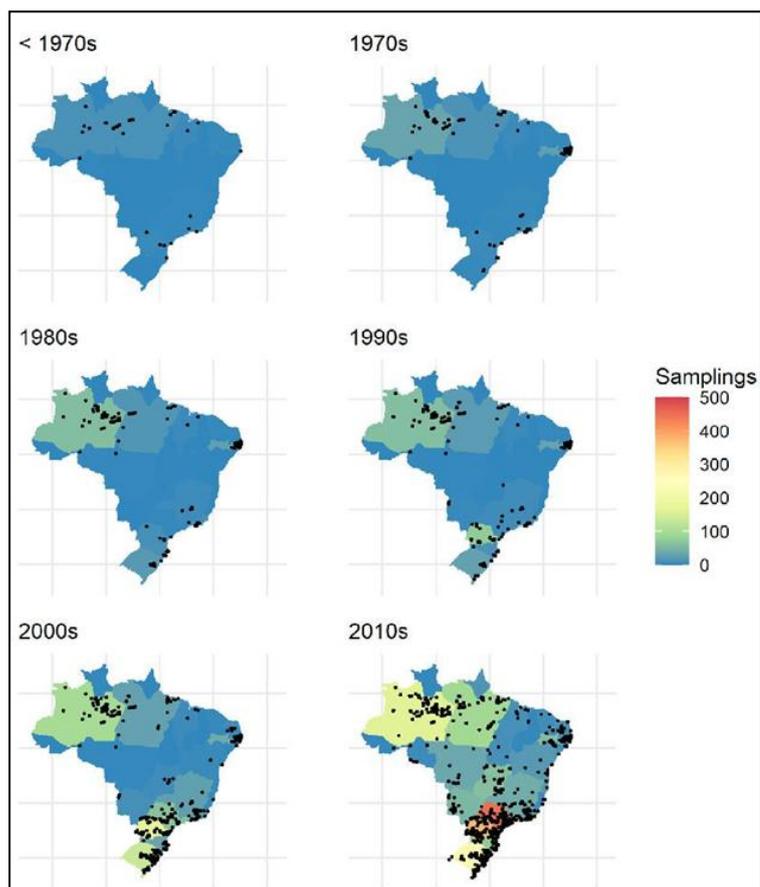
Hermes Moreira-Filho foi o primeiro diatomista brasileiro e realizou seus estudos sobre diatomáceas plantônicas e perifíticas de 1958 até 1968. Ele apresenta preliminarmente a flora de diatomáceas no Brasil, com o passar do tempo outros pesquisadores publicam trabalhos como (por exemplo, Tusset et al., 2018, Costa et al., 2019, Lehmkuhl et al., 2019; Morais e Cols, 2020; Zorzal-Almeida et al. 2020; Marquardt, 2021).

Atualmente, o país possui uma grande diversidade de diatomáceas, com mais de 1.500 espécies já descritas. Considerando a vasta rede hídrica do Brasil, estudos envolvendo diatomáceas, pouco influenciaram os legisladores no que diz respeito ao biomonitoramento e, estudos de avaliação de impacto ambiental utilizando algas.

O monitoramento biológico aquático fornece informações sobre os efeitos de poluentes que podem orientar a legislação ambiental. A vantagem de utilização de biomonitoramento em relação ao monitoramento convencional, que é baseado em parâmetros físicos e químicos, remetem-se principalmente aos custos reduzidos e, a simplicidade de operação.

Contudo, Antônio Junior, 2020 ao utilizar a ciênciometria, ramo da ciência que estuda os aspectos quantitativos da produção científica e permite mensurar a quantidade de publicações ao longo do tempo — verificou os temas/assuntos mais estudados, identificando as tendências de publicação — e constatou 179 literaturas sobre o tema diatomáceas no Brasil. Destarte, foi possível verificar que nas cinco regiões brasileira o maior número de pesquisas, utilizando diatomáceas ocorreu na região Sul com 29 trabalhos, seguida da região Norte com 14, sendo a região com maior carência de estudos o Centro Oeste.

Para Stéfano Zorzal-Almeida *et al.*, (2022 p. 09) a maioria dos trabalhos em nível global, estão sendo concentrados em estudos genético e distribuição de diatomáceas em grande área, compreendendo sua distribuição espaço temporal e, técnicas moleculares. Tendo os estudos no Brasil sendo classificados como básicos caracterizados principalmente por pesquisas sobre a distribuição de diatomáceas em lagos e represas, onde poucos pesquisadores usaram ferramenta genéticas. Contudo, levando em consideração as dimensões continentais do país, vale ressaltar a importância desses trabalhos no descobrimento de novas espécies (Figura 13).

**Figura 13** - Distribuição espacial das pesquisas de diatomáceas no país

Fonte: Stéfano Zorzal-Almeida *et al.*, (2022 p 12).

Nesse contexto, o conhecimento produzido é utilizado na tomada de decisões e, na escolha de áreas prioritárias para a conservação ambiental, recuperação de áreas degradadas e impactos ambiental causado pela ação humana em torno das bacias hidrográficas. Essa situação é particularmente notada em áreas densamente povoadas especialmente, em áreas urbanizadas onde os cursos d'água são modificados, recebendo esgoto doméstico e industrial, além de sedimentos e lixo. Como consequência disso, os ecossistemas aquáticos vêm perdendo suas características naturais e sua diversidade biológica.

### **3.3 Alterações no espaço urbano e eutrofização dos igarapés de Manaus**

O desenvolvimento das cidades pelo mundo segue o bem mais precioso — a água — a localização de importantes cidades ao longo da história não se deu por acaso. Os rios sempre serviram como a base para o desenvolvimento cultural e econômico da humanidade, seja para o transporte, agricultura ou pescadao, esse aspecto intensificou o desenvolvimento de cidades às margens dos rios (Faber, 2011).

Com o advento da Revolução Industrial houve um crescimento desordenado, seguido por intensos fluxos migratórios, que modificaram a paisagem alterando as relações existentes entre sociedade e natureza. As cidades se transformaram em aglomerações e, os rios que cortavam os grandes centros receberam grandes quantidades de efluentes industriais e dejetos humanos, aumentando significativamente as taxas de epidemias que se alastravam nas cidades densamente povoadas.

Diante desses fatores Salgado (2014) descreve que as cidades europeias não possuíam coleta de esgoto, sendo este lançado diretamente nas ruas e encaminhado aos cursos d'água, intensificava-se durante as chuvas.

No Brasil, não foi diferente. Detentor da maior bacia hidrográfica do mundo, o país apresenta-se com cidades que cresceram espontaneamente, sem planejamento e com carência de infraestrutura. Seus rios inseridos em ambientes urbanos sofrem alterações, muitas das quais irreversíveis.

Nesse contexto, temos como exemplo o rio Tiete no estado de São Paulo, esse rio, que drena a maior e mais rica cidade brasileira, reflete o comportamento predatório das atividades humanas, no tocante a ausência de gestão dos recursos hídricos

Segundo Miranda et al. (2011), a poluição é percebida há 15 quilômetros após sua nascente, sendo o trecho mais poluído o da cidade de São Paulo com

200 quilômetros de uma intrincada malha hídrica, muitas das vezes canalizada e considerada praticamente morta.

Essa ocupação do solo urbano, sem planejamento nas grandes cidades, acaba por dificultar ações que promovam a preservação dos ecossistemas aquáticos, sendo colocados em segundo plano, transformam-se em foco de notícias, quando causam transtornos aos moradores. Por sua complexidade não somente o rio principal, mas toda a bacia hidrográfica urbana, constitui-se em diferentes níveis de poluição.

Fruto de ciclos econômicos, o processo de expansão urbana da cidade de Manaus se intensifica em dois períodos o Ciclo da Borracha entre 1888 - 1910 e a criação da Zona Franca de Manaus, modelo econômico proposto no governo de Juscelino Kubistchek em 1957, implementado na cidade de Manaus em 1967.

No período áureo da borracha, as melhorias implantadas na capital amazonense pelos sucessivos governadores da Província era de exclusão da paisagem hídrica. De acordo com Lachi (2022) a floresta e o relevo natural foi modificado bem como os hábitos e costumes da população o padrão fora modificado agregando aspectos franceses e ingleses.

Entretanto ao descrever o cotidiano na apropriação do espaço vivido Oliveira (2003 p.149), descreve que os igarapés escapavam ao controle da estrutura de poder, a população mais carente frequentava essas áreas que consideravam áreas de lazer e sobrevivência onde não necessariamente eram utilizadas pela elite da época.

Após a abertura de boulevard criação de praças e canalização de igarapés se deu de forma expressiva no período compreendido como Belle Époque. Para Junior (2013) Manaus possui uma estrutura moderna a avenida Eduardo Ribeiro era local de lazer, não só da elite mais também dos imigrantes que chegavam à cidade.

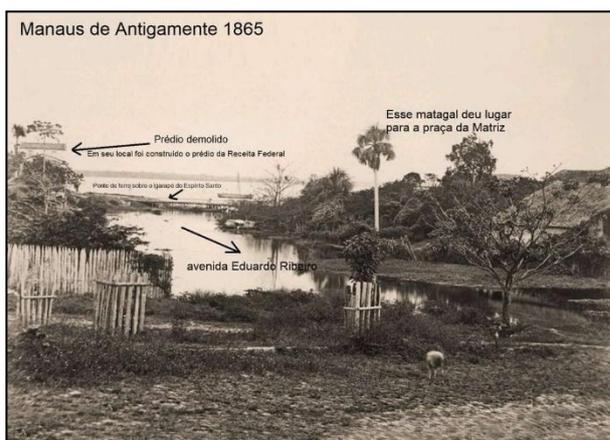
Segundo Lachi (2022) muitos igarapés foram aterrados canalizados ou foram construídas galerias para drenagem, sendo o mais importante deles o igarapé do espírito santo onde seria construída a coluna dorsal da cidade a atual avenida Eduardo Ribeiro. Figura 14.

Tendo a maior parte da cidade cortada por canais fluviais de médio e pequeno porte a cidade de Manaus além dessas características seu crescimento e marcado pela ausência de políticas públicas principalmente do que diz respeito a políticas habitacionais o que resultou em ocupações irregulares muitas delas as margens dos igarapés.

**Figura 14** – Transformação do espaço urbano de Manaus (a) Igarapé do espírito santo (1865). (b) Avenida Eduardo ribeiro (1910).

(a)

(b)



Fonte: Durango, 2014.

A partir da década de 50 o Brasil é marcado pelo período em que o estado assume o papel de planejador e modificador do espaço nas grandes cidades movido pela crescente industrialização e a urbanização nos grandes centros. Segundo Feldman (2014) a metrópole concentrada é posta como produto e motor das desigualdades regionais como questão a ser enfrentada na escala regional.

Longe dos grandes centros urbanos do país a cidade de Manaus com o fim da economia gomífera cai em esquecimento entrando em um período de estagnação econômica e desaceleração no processo de urbanização sendo reativada no início da década de 60 com a implantação da zona franca de Manaus.

Entretanto o novo boom econômico e marcado pela explosão demográfica e desigualdade social evidenciando a incapacidade do estado em organizar a cidade levando milhares de pessoas a ocupação irregular, em relação aos impactos negativos da zona franca e o meio ambiente Figueredo (2002 pág. 109) descreve que:

A Zona Franca de Manaus atraiu uma massa de imigrantes de todas as regiões do país, principalmente dos beiradões dos rios amazônicos. Inchada e sem condições de receber tão grande fluxo de pessoas, o resultado desse processo foi um completo desastre do ponto de vista social, econômico e ambiental. Sem áreas suficientes e sem política de assentamentos, os imigrantes ocuparam terras impróprias para fixar suas moradias, levantando seus casebres em lixeiras e leitos de igarapés que cortam a cidade, causando danos irreparáveis nestes ambientes.

Após décadas de descaso e consolidação do desenvolvimento urbano a cidade de Manaus requer novos desafios de acordo com o Instituto Trata Brasil (2023) a cidade ocupa a 83ª posição no ranking das cidades brasileiras com coleta e tratamento de resíduos 19,9% têm acesso a coleta de esgoto e 31,78% do esgoto gerado na cidade é tratado, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2019.

Esses grandes volumes de matéria orgânica compostos sintéticos e elementos químicos tem sido relatado como o principal responsável pela eutrofização de grandes variedades de ambientes aquáticos gerando preocupação crescente de ambientalistas e da sociedade civil. VON SPERLING, 1996.

Eutrofização é o processo de poluição de corpos d'água, como rios e lagos, que acabam adquirindo uma coloração turva ficando com níveis baixíssimos de oxigênio dissolvido na água. Isso provoca a morte de diversas espécies animais e vegetais, e tem um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos.

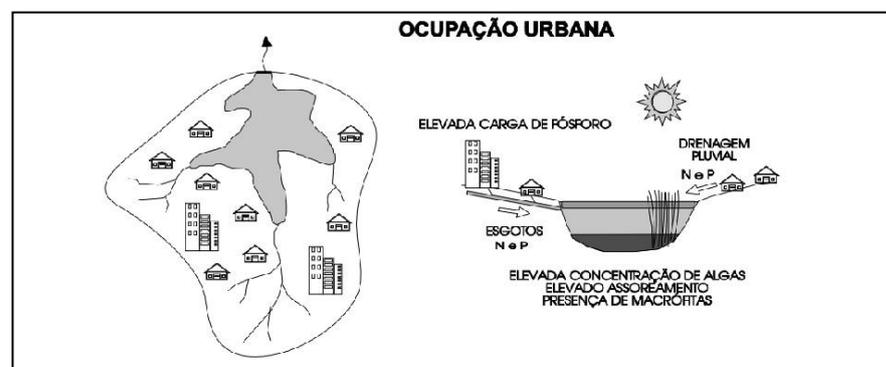
Segundo Thomann e Mueller (1987) as plantas aquáticas geralmente são classificadas em duas categorias plantas que se movem livremente e com a água incluindo fitoplâncton microscópico e plantas flutuantes como algas que se movem na superfície com a corrente.

Nos dois casos as plantas iram obter oxigênio através da fotossíntese, a eutrofização e o crescimento excessivo das plantas aquáticas, a tais níveis que sejam considerados como causadores de interferências com o uso desejável do corpo d'água. SILVA (2017, p. 337).

O nível de eutrofização está usualmente associado ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, o fator principal que estimula o crescimento excessivo dessas plantas está na descarga de nutrientes como fósforo e nitrogênio.

Entretanto o processo de eutrofização pode ocorrer também em rios, embora seja menos frequente, devido às condições ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e velocidades elevadas. A ilustração seguir descreve a possível sequência da evolução do processo de eutrofização em um corpo d'água. Figura 15.

**Figura 15** – Evolução do processo de eutrofização



Fonte: VON SPERLING, M. 1996.

Dentre todos os aspectos mais degradantes de uma bacia urbana está a descarga massiva de esgoto doméstico as altas concentrações de nitrogênio e fósforo presente nas fezes e urina humanas que contribuem para a elevação nas populações de algas, essas superpopulações podem impedir a fotossíntese aos níveis mais baixos contribuindo para morte dessas camadas inferiores SILVA (2023, p. 03).

As condições anaeróbicas nas partes mais fundas dos corpos d'água se constitui uma verdadeira “sopa” química com grande quantidade de matéria orgânica em decomposição e presença de gás sulfídrico e metano que causa toxicidade e maus odores Souza et al., (2018, p. 09) Figura 16.

**Figura 16** - Bacia hidrográfica do São Raimundo e Mindu Baixo curso (a) presença de gases (b) eutrofização do igarapé.

(A)



(B)



Fonte: autor 2022

Há diversos modelos matemáticos para avaliar o grau de eutrofização. Porém o mais utilizado é o Índice de estado trófico - IET de Carlson (1977), que foi modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. et al (1983). Também temos o IET modificado (IETm) por Lamparelli (2004), com base em um estudo feito em rios e reservatórios no estado de São Paulo figura 17.

**Figura 17** - Modelos matemáticos para avaliar o grau de eutrofização. (a) - Classificação do nível trófico do IETm por Toledo (1983). (b) Classificação do nível trófico segundo o IETm por Lamparelli (2004).

(a)		(b)	
NÍVEIS DE TROFIA	RESULTADOS	NÍVEIS DE TROFIA	RESULTADOS
Oligotrófico	< 44	Ultraoligotrófico	< 47
Mesotrófico	44 - 54	Oligotrófico	47 - 52
Eutrófico	54 - 74	Mesotrófico	52 - 59
Hipereutrófico	>74	Eutrófico	59 - 63
		Supereutrófico	63 - 67
		Hipereutrófico	> 67

Fonte: Correa e Cunha, 2011. Org pelo autor, 2024.

Para avaliar o grau de eutrofização de dois igarapés de Manaus Correa e Cunha, (2011 p. 03) recorrem a esses modelos e descrevem o igarapé do Mindu aqui designado bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu como um o igarapé que possui uma temperatura média de 25,6 C° onde sua nascente apresentam águas ácidas (< 0,5) evidenciando assim ambientes naturais onde os demais pontos de coleta como o Conjunto Petros e Parque do Mindu possuem pH alcalino (> 6,5) com relação os indicies de condutividade elétrica apenas a nascentes apresentam os menores valores excluindo as nascentes todos os demais pontos amostrais apresentam elevados indicies de fósforo e nitrogênio. Figura 18.

**Figura 18-** Resultados das análises de pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio, nitrogênio e fósforo total e clorofila a dos pontos amostrais do igarapé do Mindú em 2010.

	PONTOS DE COLETA	Data	Hora	pH	Temp.	Cond.	O <sup>2</sup>	DBO	N-Total	F-total	Clf-a
					°C	µS/cm	mg/L	mg/L	Mg/L	Mg/L	µg/L
IGARAPÉ MINDU	Nasc. SESI	19/10/10	09:37	4,70	24	19,11	3,32	0,69	0,76	<0,006	0,024
	Cj. Petro	19/10/10	11:25	7,10	27	275,8	1,75	100%	10,96	790	0,022
	Pq. Mindú	19/10/10	12:00	7,12	26	299,5	2,45	100%	12,93	805	0,019

Fonte: Correa e Cunha, 2011.

Vale ressaltar que apesar das propostas serem validas para compreender o grau de eutrofização desses ambientes, ambas não foram suficientes para compreender a dimensão dos níveis de poluição presente no igarapé, contudo a sua classificação como oligotrófica para o nível trófico do IETm por Toledo (1983) e ultraoligotrófico segundo o IETm por Lamparelli (2004) descreve uma nascente ainda preservada.

Contudo Souza Filho, (2018) ao analisar a qualidade da água do igarapé do Mindu 13 anos depois, descrever uma situação degradante conclui-se que a poluição no alto e médio curso do Mindu. O índice de oxigênio chegaram perto de zero onde foi possível encontrar nitrogênio amoniacal e concentrações de fosfato esses elementos estão relacionados ao lançamento de efluentes indústrias e domésticos.

De sua nascente no bairro Jorge Texeira até a foz nas proximidades do bairro de Nossa Senhora de Aparecida se verificou que a oscilação nos parâmetros avaliados apresentando grande incidência de transporte de carga de poluentes e contaminantes orgânicos visto que os altos valores obtidos de pH de 6,44 – 7,23; condutividade elétrica de 84,25- 423 uS.cm<sup>-1</sup>; nitrogênio amoniacal de 1,14-12,9 mg.L<sup>-1</sup> e baixos valores de oxigênio dissolvido oscilando de valores <2,64 mg.L<sup>-1</sup> contribuem para o acréscimo da matéria orgânica nas águas e descaracterização das características naturais das águas.

Os dados corroboram com a pesquisa realizada por Queiroz *et al*, (2020) onde o autor descreve a contaminação e degradação das nascentes do igarapé do Mindu ao realizar uma análise bacteriológica das águas descobriu se que das três nascentes existente duas estavam contaminadas com as bactérias de gênero *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus spp.* e levedura *Candida spp.* A presença dessas bactérias descrevem nascentes comprometidas em processo de contaminação por efluentes domésticos e industriais.

### **3.4 Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos**

O monitoramento ambiental inicia em 1970 nos Estado Unidos seguindo a tradição de análises quantitativas até em meados da década de 80 onde órgãos ambientais perceberam a necessidade de criar métodos de avaliação de baixo custo visando diminuir os altos custos com pesquisas quantitativas (FARIAS, 2019).

Para determina o grau de modificação do ambiente físico na bacia hidrográfica será proposto o protocolo de avaliação rápidas de rios urbanos (PARU) criando como Método de baixo custo capaz de identificar problemas fornecendo dados básicos sobre a vida aquática, qualidade da água e gerenciamento de resíduos hídricos. Tabela 01.

**Tabela - 01** Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats na bacia hidrográfica. Fonte: Callisto *et al.* (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE				
Data da Coleta:	12/10/2024	Hora da Coleta: 9:00 Hs.		
Tempo (situação do dia): Nublado				
Tipo de ambiente: Rio				
Largura média: 40 metros				
Profundidade média: 30 cm				
Temperatura da água: 25,97 °C				
PONTUAÇÃO				
PARÂMETROS				
	4 pontos	2 pontos	0 pontos	Nota
1-Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	<i>Vegetação natural</i>	<i>Campo pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento</i>	<i>Residencial/ Comercial/ Industrial</i>	0
2 - Erosão próxima e/ou Margens do rio e assoreamento em seu leito Opção 3	<i>Ausente</i>	<i>Moderada</i>	<i>Acentuada</i>	0
3 - Alterações antrópicas	<i>Ausente</i>	<i>Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)</i>	<i>Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)</i>	2
4 – Cobertura vegetal no leito	<i>Parcial</i>	<i>Total</i>	<i>Ausente</i>	0
5 - Odor da água	<i>Nenhum</i>	<i>Esgoto (ovo podre)</i>	<i>Óleo/industrial</i>	2
6 - Oleosidade da água	<i>Ausente</i>	<i>Moderada</i>	<i>abundante</i>	4
7 - Transparência da água	<i>Transparente</i>	<i>Turva/cor de chá-forte</i>	<i>Opaca ou colorida</i>	2
8 - Odor do sedimento (fundo)	<i>Nenhum</i>	<i>Esgoto (ovo podre)</i>	<i>Óleo/industrial</i>	2
9. Oleosidade do fundo	<i>Ausente</i>	<i>moderado</i>	<i>Abundante</i>	4
10. Tipo de fundo	<i>Pedras/cascalho</i>	<i>Lama/areia</i>	<i>Cimento/canalizado</i>	2
		<b>Tota de pontos Total</b>		<b>18</b>
Classificação dos trechos	<b>Trecho impactado</b>	<b>Trecho alterado</b>	<b>Trecho natural</b>	

Esta tabela avaliar as características de trechos da drenagem a nível de impactos ambientais decorrente de atividades antrópicas, dando maior ênfase à qualidade da água e do substrato e atribuído menor peso a erosão e a cobertura vegetal das margens. A pontuação de 0 a 40 representa áreas consideradas “impactadas” de 41 a 60 áreas alteradas e de 61 a 100 áreas naturais.

Fonte: Callisto *et al.* (2002) modificado do protocolo de Hannaford *et al.* (1997). Adaptado pelo autor 2024.

A análise da tabela evidencia a degradação ambiental em vários trechos, refletindo a significativa influência antrópica sobre a integridade ecológica do corpo hídrico e do substrato adjacente.

A pontuação total de 18 classifica o segmento como alterado, denotando um estado intermediário de comprometimento, situado entre áreas severamente impactadas e aquelas que ainda preservam traços de “naturalidade”. A completa ausência de cobertura vegetal nas margens, aliada à erosão pronunciada, sugere intensa ocupação antrópica decorrente de atividades urbanas, industriais.

A detecção de odor na água, associada à presença de oleosidade e à turbidez perceptível, indica a ocorrência de fontes difusas de poluição ou despejo direto de efluentes. Apesar do quadro de alteração, o substrato do leito ainda exibe características parcialmente preservadas, revelando um potencial para regeneração mediante a implementação de intervenções mitigadoras, como reflorestamento ciliar e a adoção de estações de tratamento de esgoto ao longo da bacia para minimizar a carga poluidora.

A maior bacia urbana da cidade de Manaus e suas áreas de difícil acesso, dificulta a análise total da bacia sendo descrita aqui nove pontos georreferenciados analisados individualmente os pontos de coleta de diatomáceas descrevem uma bacia com profundas modificações antropogênicas. Tabela 02.

**Tabela – 02** Descrição dos pontos para coleta ao longo da bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu.

<b>Número</b>	<b>Pontos de coleta</b>	<b>Coordenada geográfica</b>	
<b>01</b>	Nascente do Mindu (Parque)	3° 0'41.43"S	59°56'2.53" W
<b>02</b>	Escola estadual Elisa Bessa	3° 2'16.14"S	59°56'16.07"W
<b>03</b>	Escola estadual D. Jackson	3° 3'42.70"S	59°57'39.70"W
<b>04</b>	Semed (Sede)	3° 5'40.14"S	60° 0'57.54" W
<b>05</b>	Franceses (prox. ao SESC)	3° 3'56.07"S	60° 1'59.60" W
<b>06</b>	Franceses (prox. Aeroporto)	3° 5'18.71"S	60° 1'49.56" W
<b>07</b>	Igarapé do franco (Compensa)	3° 6'50.64"S	60° 2'23.65" W
<b>08</b>	Cachoeira grande (Ruínas)	3° 6'22.89"S	60° 1'44.01" W
<b>09</b>	Parque Rio Negro	3° 7'39.57"S	60° 2'7.32" W

Org. Autor 2023

A tabela em questão adaptada de Campos, (2024 p. 69); (Botelho, Tôsto e Rangel, 2018, p. 223). realiza uma avaliação da condição ambiental de diferentes pontos da bacia hidrográfica, com base em múltiplos parâmetros ecológicos e de impacto antrópico.

A estrutura da tabela é composta por uma listagem de variáveis ambientais (como erosão, cobertura vegetal e qualidade da água) dispostas em linhas, enquanto as colunas representam pontos específicos da bacia hidrográfica (P1 a P9).

A cada parâmetro é atribuído um valor que reflete o estado do ambiente naquele ponto, variando de 0 a 4, com zero indicando uma condição ruim e quatro representando um estado considerado bom. A paleta de cores – verde, amarelo e vermelho – serve como indicador visual para facilitar a identificação dos níveis de antropização, onde o verde sugere preservação, o amarelo indica uma condição intermediária e o vermelho aponta para degradação ambiental acentuada.

A partir de dez critérios que refletem o estado de conservação e a influência das atividades antrópicas na região. A análise emprega uma escala de pontuações que permite identificar com clareza as áreas mais comprometidas e aquelas em melhor estado de conservação. Tabela 03.

**Tabela – 03** Descrição do ambiente bacia hidrográfica São Raimundo/Mindu

Pontos na bacia hidrográfica	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
1. Tipo de ocupação encontrada nas margens do rio	3	0	0	0	2	0	3	0	0
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento	4	0	0	2	3	0	0	2	0
3. Alterações antrópicas	4	0	0	0	2	0	2	0	0
4. Cobertura vegetal no leito	3	2	2	2	2	2	2	2	2
5. Odor da água	4	0	0	3	0	0	0	0	2
6. Oleosidade da água	4	2	2	3	2	2	3	3	3
7. Transparência da água	3	0	0	2	2	0	0	0	2
8. Tipos de Substrato	4	3	3	2	3	2	3	2	2
9. Alterações no canal do rio	4	0	2	3	3	2	2	2	0
10. Presença de mata ciliar	4	2	2	2	2	2	3	2	0
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>11</b>
<i>Grau de antropização</i>									
Bom = 4	Moderado = 3		Regular = 2			Ruim = 0			

Org. Autor 2024

O primeiro critério, referente ao tipo de ocupação encontrada nas margens do rio, revela uma significativa variação entre os pontos analisados. Os pontos P1 e P7 destacam-se positivamente, obtendo uma pontuação de 3, indicando margens relativamente preservadas. No entanto, observa-se uma condição alarmante nos pontos P2, P3, P8 e P9, os quais foram classificados com 0, sugerindo intensa ocupação e elevada degradação das margens. Os pontos P4 e P5 apresentam uma situação intermediária, pontuando 2, o que indica a presença de ocupação, embora menos severa. Figura 19.

**Figura 19** - Cachoeira Grande médio curso. Ponte do São Jorge.



Fonte: autor 2023

A análise do critério de erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento evidencia que o ponto P1, com pontuação 4, possui margens estáveis, livres de erosão significativa. Em contrapartida, os pontos P2, P3, P6 e P9 recebem a menor pontuação (0), indicando erosão severa e riscos iminentes de assoreamento. Os pontos P4 e P8 são classificados com 2, apontando processos erosivos moderados, enquanto P5 alcança 3, denotando um cenário mais favorável, mas ainda assim com certa presença de erosão.

Em relação às alterações antrópicas, observa-se uma condição satisfatória nos pontos P1, P5 e P6, que atingem a pontuação máxima (4), refletindo baixa interferência humana. Todavia, os pontos P2, P3, P4, P8 e P9 apresentam a pior classificação (0), indicando forte intervenção antrópica. O ponto P7, com pontuação de 2, sugere um nível intermediário de alteração, demandando medidas preventivas.

A cobertura vegetal no leito fluvial é relativamente homogênea entre os pontos, com exceção de P1, que alcança 3, sinalizando boa cobertura vegetal. Os demais pontos (P2 a P9) obtiveram a pontuação 2, indicando a presença de vegetação escassa ou irregular. Essa tendência sugere um padrão de degradação que afeta a estabilidade ecológica do leito do rio.

O critério que avalia o odor da água revela discrepâncias significativas entre os pontos. P1, com pontuação 4, evidencia boa qualidade sensorial da água. Por outro lado, os pontos P2, P3, P6, P7 e P8 são classificados com 0, indicando odor intenso e possíveis sinais de poluição. Os pontos P4, P5 e P9 apresentam valores intermediários (3 e 2), sugerindo condições aceitáveis, mas com indícios de alteração.

A oleosidade da água segue uma tendência semelhante, com P1 destacando-se positivamente com pontuação 4. Em contraste, P2, P3, P4, P6, P7 e P8 apresentam pontuação 0, denunciando a presença de substâncias oleosas em níveis elevados. O ponto P9, com pontuação 3, e P5, com 2, revelam contaminação moderada.

Quanto à transparência da água, observa-se um padrão favorável em P1, P4 e P5, que recebem pontuação 3. Os demais pontos (P2, P3, P6, P7 e P8) obtêm pontuação 0, refletindo baixa visibilidade e elevada turbidez. O ponto P9 apresenta uma classificação intermediária (2).

A diversidade de tipos de substrato também é analisada, com destaque para P1, que alcança 4, sugerindo um ambiente aquático diversificado. P4, P5 e P7 obtêm 3, indicando diversidade moderada. No entanto, os pontos P2, P3, P6 e P9 recebem 2, sugerindo um substrato mais homogêneo ou degradado.

As alterações no canal do rio revelam boa estabilidade em P1, com pontuação 4. Os pontos P7 e P8 obtêm 2 e 3, respectivamente, enquanto P2, P3, P4, P6 e P9 são classificados com 0, refletindo canais altamente modificados.

A presença de mata ciliar é um indicador crítico, e P1 é o único ponto com pontuação 4, sinalizando boa preservação. P8, com 3, também apresenta resultados positivos. No entanto, P2, P3, P4, P6 e P9 recebem a classificação 0, sugerindo a ausência de vegetação ciliar.

Em suma, os dados evidenciam a discrepância entre os pontos avaliados. O ponto P1, com 37 pontos, é o mais preservado, enquanto P2, com 9 pontos, apresenta severa degradação. Pontos intermediários, como P4 (19), P5 (16) e P7 (15), revelam necessidade de monitoramento contínuo para evitar a deterioração progressiva. Dessa forma, os resultados demonstram a urgência de medidas mitigadoras e de recuperação ambiental para assegurar a sustentabilidade e a resiliência ecológica da bacia hidrográfica.

### **3.5 Intervenções práticas para melhoria da qualidade ambiental em bacias hidrográficas urbanas utilizando diatomáceas**

As intervenções práticas da qualidade ambiental passa pelo grande desafio de propor mudança de mentalidade nas políticas públicas e de pesquisadores no que diz respeito a gestão de bacias hidrográficas.

Propor uma substituição de modelos tradicionais como a análise química da qualidade da água que se torna cara e analisar apenas o padrão atual e momentâneo da qualidade da água deixando outras variáveis ambientais de lado. De forma mais ampla, devemos nos perguntar: Como as diatomáceas pode ser usadas como bioindicador servindo para intervenções práticas para melhoria da qualidade ambiental na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu?

- A análise da composição e abundância de diatomáceas permite identificar áreas de maior impacto ambiental, diferenciando trechos poluídos por esgoto doméstico, resíduos industriais

- A predominância de espécies tolerantes indica ambientes degradados, enquanto espécies sensíveis apontam boa qualidade da água. Isso possibilita a localização exata das fontes de contaminação.
- Como as diatomáceas respondem a alterações cumulativas e não apenas a eventos pontuais, o monitoramento constante proporciona uma visão histórica da qualidade da água, ajudando a avaliar a efetividade de programas de recuperação ambiental ou reflorestamento de margens.

A partir dos dados obtidos, gestores ambientais podem priorizar áreas críticas para intervenções, como a instalação de zonas de vegetação ripária, criação de sistemas de tratamento de efluentes. Essas medidas a longo prazo iriam promover a recolonização de espécies de diatomáceas sensíveis, indicando a recuperação do ecossistema (FERREIRA 2002).

A utilização de bioindicadores como diatomáceas em programas de educação ambiental poderia sensibilizar a população local, destacando a importância do cuidado com os recursos hídricos e incentivando práticas sustentáveis nas comunidades ribeirinhas.

## CAPÍTULO IV

### O AMBIENTE AMAZÔNICO E A MORFOMETRIA DE UM GÊNERO

---

#### 4.1 O ambiente Amazônico

Com quase 7 milhões de quilômetros quadrados a Floresta Amazônica apresenta-se como a maior floresta Equatorial do mundo ao delimitar-se sobre densa rede fluvial em uma área de 6.110.000 km<sup>2</sup>, que se estende dos Andes no Peru até a foz do rio Amazonas, no oceano Atlântico. Estima-se que 63% deste total encontra-se em território brasileiro (IBGE, 2013).

Segundo Ferreira (2012), a floresta é composta por três principais estruturas florestais sendo a primeira delas a Floresta de Várzea, seguida pela Floresta de Igapó e Floresta de Terra Firme. Essa cobertura vegetal proporciona um intenso regime de chuvas na região exercendo um importante papel na dinâmica fluvial dos rios amazônicos como Negro, Solimões, Madeira, Tapajós, Xingu, Juruá e Purus que são majoritariamente os maiores em volume de água.

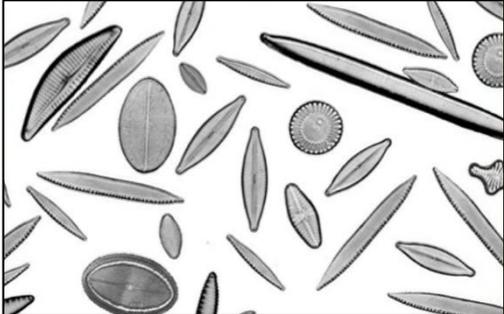
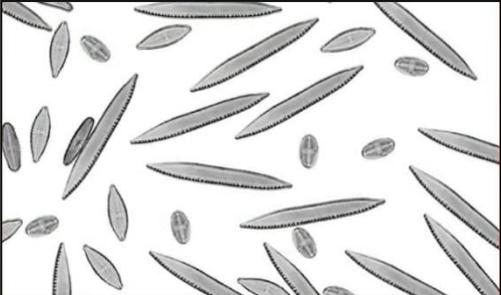
Conhecer os aspectos biogeográficos das diatomáceas em ambiente amazônico torna-se um desafio, considerando-se que, as pesquisas realizadas sobre o tema englobam basicamente a descobertas de novas espécies e o estado físico-químico da qualidade da água. São raras as citações que descrevem o ambiente de origem bem como a identificação de parâmetros ideais para a espécie.

Nesse contexto, Pereira Junior *et al*, (2021) descrevem que a rápida resposta das diatomáceas às perturbações no ambiente as qualifica como excelente bioindicador, em virtude do amplo grau de tolerabilidade em ambientes urbanos, onde os impactos antrópicos promovem a redução na dinâmica populacional. Dessa forma, as ações antrópicas alteram a presença, ausência, tendência de elevação ou diminuição na riqueza de espécies.

No caso da bacia, local desta pesquisa, por se tratar de um ambiente fluvial inserido em área urbana com elevada concentração de dejetos industriais

e domésticos, foi possível identificar a predominância de um único gênero de diatomáceas no que diz respeito a morfometria. De acordo com Shigeki Mayama (2021, p. 37) existem diferentes morfometrias de diatomáceas e essas formas específicas descrevem o grau de antropização dos rios. Quadro 02.

**Quadro – 02** Grau de degradação do ambiente e a morfometria das diatomáceas.

Grau de degradação do rio	Morfometria das diatomáceas	Imagens da espécie
<b>Rio não poluído</b>	Diferentes formatos	
<b>Rio moderadamente poluído</b>	Formato alongada e ovais	
<b>Rio extremamente poluído</b>	Formato alongada de padrão único	

Fonte: Shigeki Mayama 2021. Organizado: Autor 2023.

A morfometria descreve um conjunto de métodos de campo que utiliza medidas lineares como comprimento e largura, ângulos ou proporções,

calculadas a partir de estruturas ou partes de organismos. Segundo Fornel *et al.* (2012), as medições são precisas e estabelecidas sob pontos anatômicos, podendo ser classificados em três tipos:

- Ponto tipo um – são os pontos mais confiáveis, padrões únicos na forma biológica. Exemplo: justaposição de tecidos, suturas ósseas, nervuras de asas.
- Ponto tipo dois – são pontos mediamente confiáveis, que combinam medições geométricas e biológicas como tecidos ou extremidades de processos e curvatura óssea ou estruturas.
- Ponto tipo três – são conhecidos como pontos pela baixa confiabilidade. Esses pontos são sutis e de difícil diferenciação em indivíduos da mesma família, entretanto em espécies diferentes, requerem a utilização de Software para processamento de possíveis pontos de diferenciação.

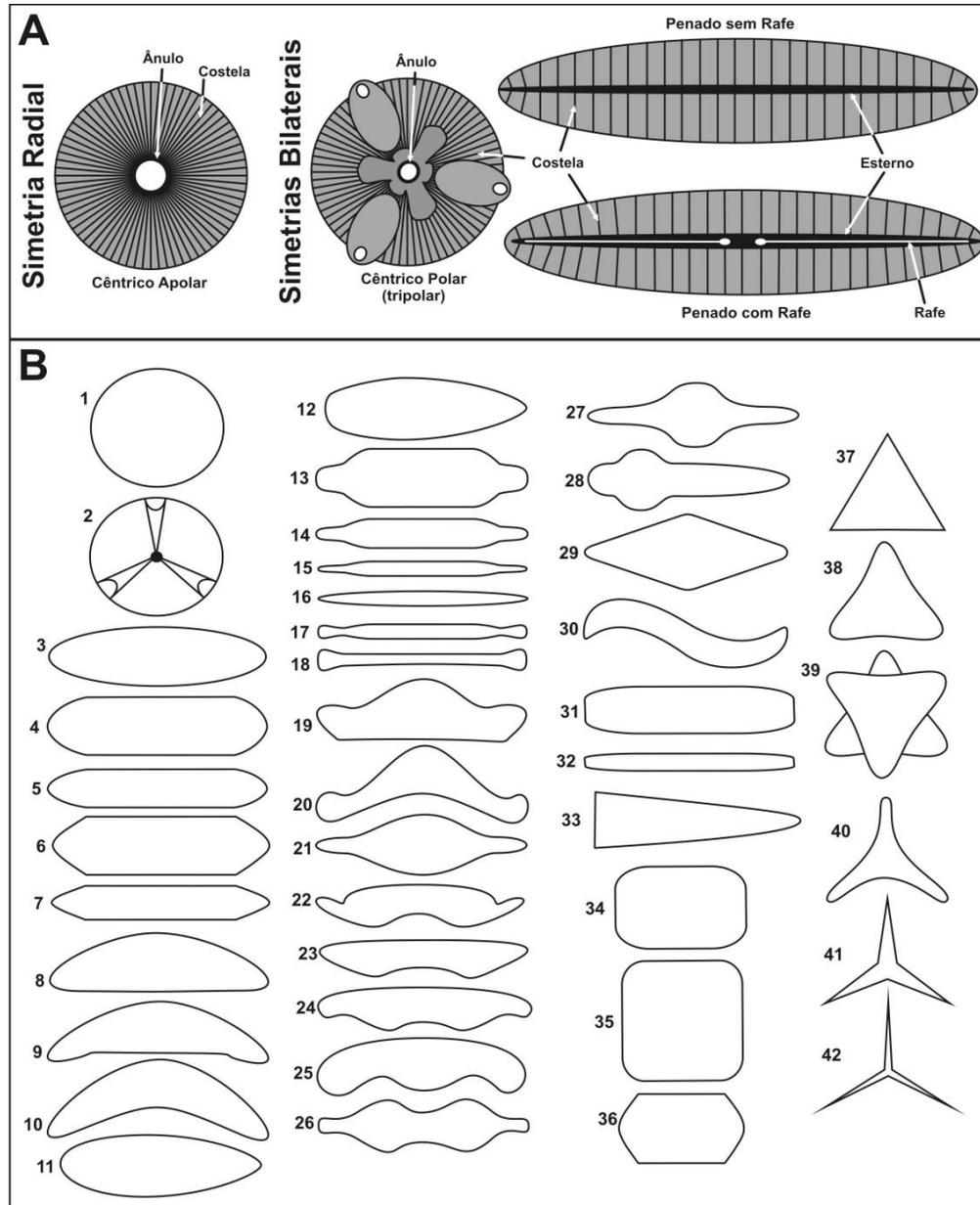
Neste contexto, Plotze (2009) descreve que a morfometria apresenta abordagem multidisciplinar com trabalhos encontrados na Ecologia, Biologia, Antropologia e Botânica, do ponto de vista da Biologia está relacionada ao estudo da comparação das características morfométricas dos organismos.

Ainda segundo o autor, esse método de pesquisa tem como objetivo a identificação ou comparação visual das espécies por pontos específicos e pré-determinados por variáveis estatísticas e matemáticas. Os dados morfométricos preveem uma abrangente descrição das formas biológicas e têm sido empregados em estudos evolutivos e taxonômicos.

No que se refere à morfologia das diatomáceas, seres microscópicos com aproximadamente 10 a 200  $\mu\text{m}$  (micrômetro), pode-se dividi-las em padrões cêntricos ou pinados (Figura 20). Entretanto de acordo com Viera (2011), não há uma forma geral que caracterize todas as diatomáceas tendo-se a descrição de vários padrões na literatura, que descrevem desde formas esféricas simples

às cilíndricas, discoides, elipsóides, sigmoides, estreladas, ou mesmo poligonais complexas.

**Figura 20** - Padrões Morfológicos em Diatomáceas.



(A) Simetrias e polaridades em vista valvar. (B) Contornos em vista valvar: circular (1-2); elipsóides (3-16); bacilar (17-18); compostos (19-28), losangular (29); sigmoidal (30); retangulares (31-32), cuneiforme (33); quadrangular (34-36); triangular (37-39); estrelar (40-42). Simetria dos pólos: Apolares (1-2); Isopolares (3-10, 13-27, 29-32, 34-42) e Heteropolares (11, 12, 28, 33). Simetria das margens: circulares (1-2); isobilaterais (3-7, 11-18, 21, 29-42), anisobilaterais ou dorsiventrais (8-10, 19-26). Ápices: arredondados (3-12, 19-20, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 38-40); acuminados (13-15, 21, 22, 24, 26); aciculares (16, 41, 42); constrictos (17-

18), retos (31-35). Notar que algumas formas possuem mais de uma forma de ápice. Fonte: Vieira, 2011.

Com base nas 24 amostras coletadas nos anos de 2022/2023 foi possível determinar a dominância de um único tipo morfométrico de predomínio alongado formado por indivíduos isolados, onde podemos chegar à conclusão que se trata do gênero *Pinnularia*

*Pinnularia* é um gênero de diatomáceas que ocorre predominantemente em águas continentais, oligotróficas, (níveis baixos de nutrientes) com baixa concentração de eletrólitos (minerais) e baixos valores de pH. (Uherkovich 1984; Metzeltin; Lange-Bertalot 1998; Krammer 2000 E Liberal *et al* 2021).

Tendo como base essas informações preliminares, podemos assim determinar a classificação da diatomácea predominante na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu (Figura 21).

Reino

Chromista, protista

Filo

Ochrophyta Diatomista

Classe

Bacillariophyceae

Ordem

Naviculales

Família

Pinnulariaceae

Gênero

Pinnularia

**Figura 21-** Frústula de diatomácea do gênero *Pinnularia*



Fonte: Autor (2023).

## 4.2 Sazonalidade e influência sobre ambientes aquáticos

De acordo com o painel intergovernamental sobre mudanças climáticas (no inglês International Panel on Climate Change, ou IPCC) a queima de combustíveis fósseis tem contribuído para as mudanças nos padrões climáticos que incluem alterações nas correntes oceânicas e mudanças na precipitação, tornando os eventos climáticos extremos.

Diante disso, Garcia *et al.*, (2014) expressam que, as mudanças no clima devem ser tornar uma ameaça à diversidade na medida em que a fauna e a flora, não conseguem acompanhar as variações de temperatura, ocasionando a extinção de inúmeras espécies.

O relatório da Organização Meteorológica Mundial OMM (2023) esclarece que no ano 2022 as concentrações de gases do efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) atingiram as maiores concentrações já registradas, sendo que, até outubro de 2023 a temperatura média da superfície global ficou em 1,4° C acima da média de 1850/1900. Com esse valor o ano de 2023 foi considerado o mais quente em 174 anos de medições meteorológicas.

A cidade de Manaus não ficou de fora desses índices extremos, a capital amazonense em outubro de 2023 teve a segunda pior qualidade do ar no mundo, com alta concentração de partículas deixaram o ar irrespirável segundo o World Air Quality Index (WAQI) a cidade teve 297,6 pontos classificando o ar como prejudicial à saúde.

No mesmo mês a estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET registrou a máxima de 39,2°C. O calor na região também intensificou a seca elevando as temperaturas de lagos aos 40°C ocasionando a morte de peixes e dos botos cor de rosa (*Inia geoffrensis*) deixando muitos municípios do estado em calamidade.

O aumento das temperaturas e ações antrópicas causam distúrbios estruturais na frágil cadeia dos ambientes aquáticos para Silva (2018) essas alterações promovem a longo prazo instabilidade nos ecossistemas (Tabela 04)

indica o quantitativo de indivíduos encontrados e as condicionantes climáticas para efeitos de estudos e a análise dos resultados.

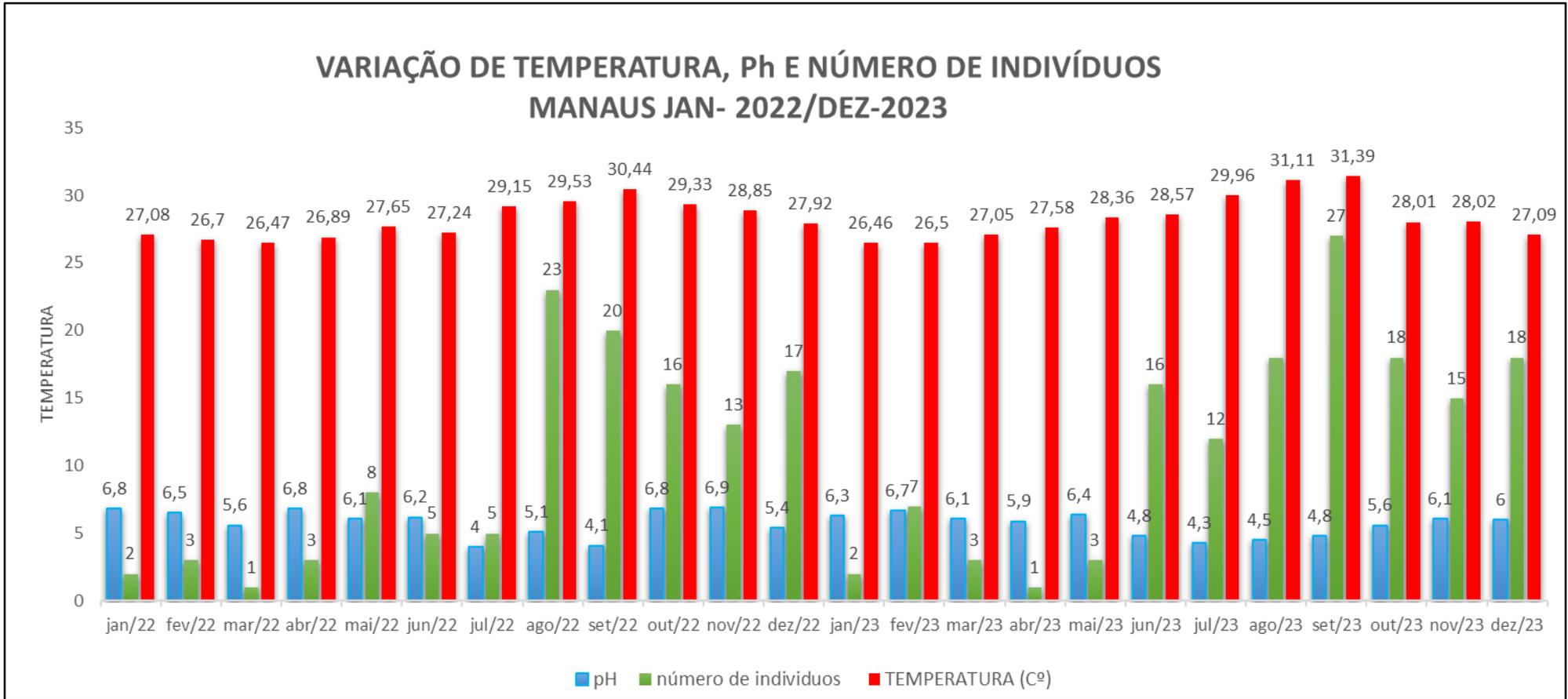
**Tabela 04** - Número de amostras coletadas: mês da coleta e ano, T(c°) temperatura d'água TA(c°) temperatura do ambiente, U (%) umidade, P(mm) precipitação em (mm), nível d'água, pH, número de indivíduos coletados.

Amostra	Mês / Ano	Temp. d'água (C°)	Temp. (C°)	Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Nível da água (cm)	pH	número de indivíduos
01	JAN/22	26,09	27,08	78,12	0,42	48	6,8	2
02	FEV/22	27,09	26,70	81,68	0,00	21	6,5	3
03	MAR/22	26,08	26,47	82,77	0,51	57	5,6	1
04	ABR/22	25,04	26,89	81,70	0,61	52	6,8	3
05	MAI/22	24,03	27,65	75,69	0,16	22	6,1	8
06	JUN/22	25,09	27,24	75,89	0,20	21	6,2	5
07	JUL/22	26,08	29,15	66,95	0,03	22	4,0	5
08	AGO/22	27,01	29,53	64,05	0,04	23	5,1	23
09	SET/22	27,08	30,44	61,68	0,01	21	4,1	20
10	OUT/22	25,06	29,33	67,59	0,21	21	6,8	16
11	NOV/22	26,05	28,85	69,38	0,13	20	6,9	13
12	DEZ/22	26,03	27,92	78,13	0,51	42	5,4	17
13	JAN/23	26,33	26,46	83,88	0,37	32	6,3	2
14	FEV/23	25,05	26,50	85,18	0,54	43	6,7	7
15	MAR/23	25,06	27,05	83,67	0,56	47	6,1	3
16	ABR/23	26,01	27,58	81,85	0,38	28	5,9	1
17	MAI/23	27,01	28,36	80,11	0,18	21	6,4	3
18	JUN/23	27,08	28,57	75,04	0,06	21	4,8	16
19	JUL/23	26,09	29,96	68,13	0,09	23	4,3	12
20	AGO/23	27,01	31,11	64,17	0,02	20	4,5	18
21	SET/23	26,07	31,39	62,49	0,05	21	4,8	27
22	OUT/23	26,02	28,01	80,07	0,10	24	5,6	18
23	NOV/23	26,05	28,02	80,01	0,13	23	6,1	15
24	DEZ/23	26,01	27,09	82,03	0,16	26	6,0	18
	<b>24/MESES</b>	<b>25,97</b>	<b>28,22</b>	<b>75,40</b>	<b>0,22</b>	<b>29</b>	<b>5,6</b>	<b>10,6</b>

Fonte: Dados climáticos INMET. Org pelo autor 2024.

As interpretações dos resultados climáticos referentes aos anos de 2022/2023 possibilitaram identificar as médias de temperatura d'água, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, nível d' água e pH bem como correlacionar estes fatores a presença de diatomáceas ao longo da bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu Gráfico 01.

Gráfico 01 - Variação climática e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023.

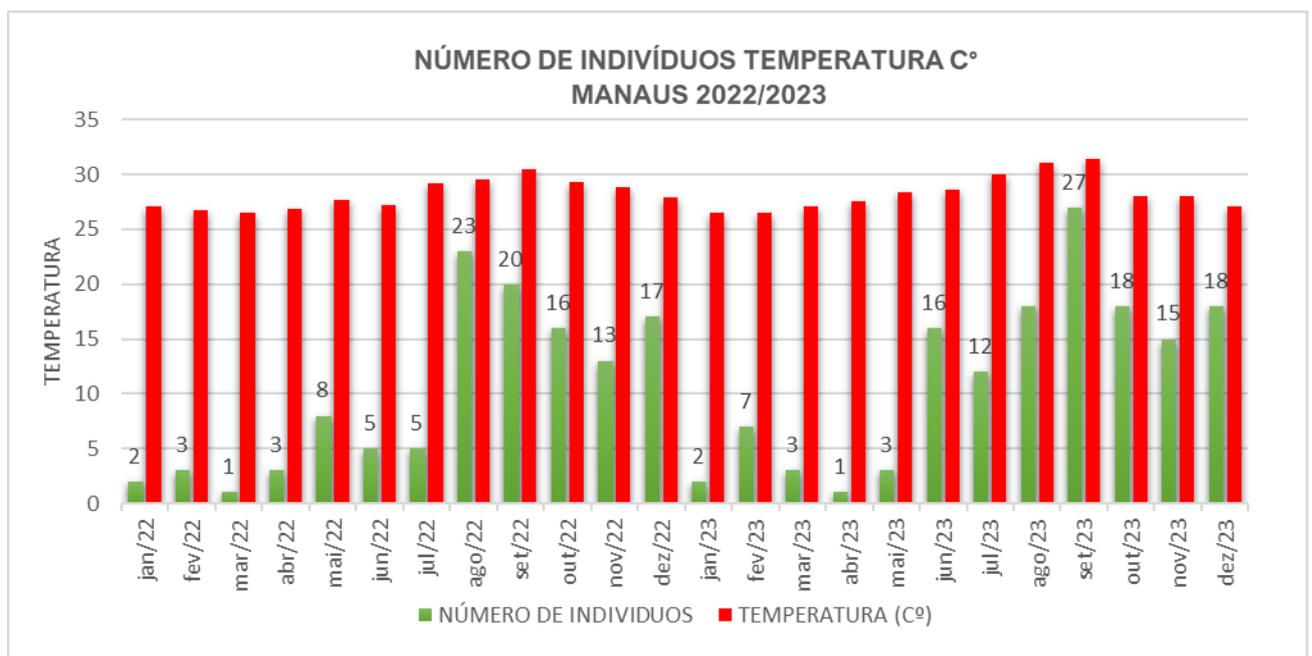


Fonte: INMET (2022-2023). Org autor 2002.

A análise do gráfico permite a identificação dos valores médios dos seguintes elementos: pH (5,6) números de indivíduos (10,6), temperatura (28,22°C) a princípio essas médias favoreceram a manutenção e o desenvolvimento de colônias de diatomáceas ao longo da bacia do São Raimundo/Mindu para os anos de 2022/2023.

Sobre o mesmo tema, Silva (2018, p. 23) descreve que em ambientes aquáticos, estudos experimentais demonstraram que o aumento da temperatura modifica padrões de riqueza de espécies, explica o autor que, onde houver uma diminuição significativa na diversidade de outra forma de diatomáceas, além da diminuição da riqueza, a temperatura atuará como fator controlador do crescimento das algas (Gráfico 02).

**Gráfico - 02** Variação de temperatura e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023



Fonte: INMET (2022-2023). Org autor 2023.

A identificação de uma única espécie ou gênero pode relacionar-se ao aumento da temperatura. No que se refere aos anos de 2022/2023, tal constatação se associa da seguinte maneira: nos dias em que as temperaturas foram elevadas, atingindo 30,44°C para setembro de 2022 e 31,39°C para setembro de 2023,

denotaram-se valores de baixo pH, sendo os indivíduos encontrados mais facilmente nas lâminas ao microscópio. Em dias chuvosos essa correlação foi inversa.

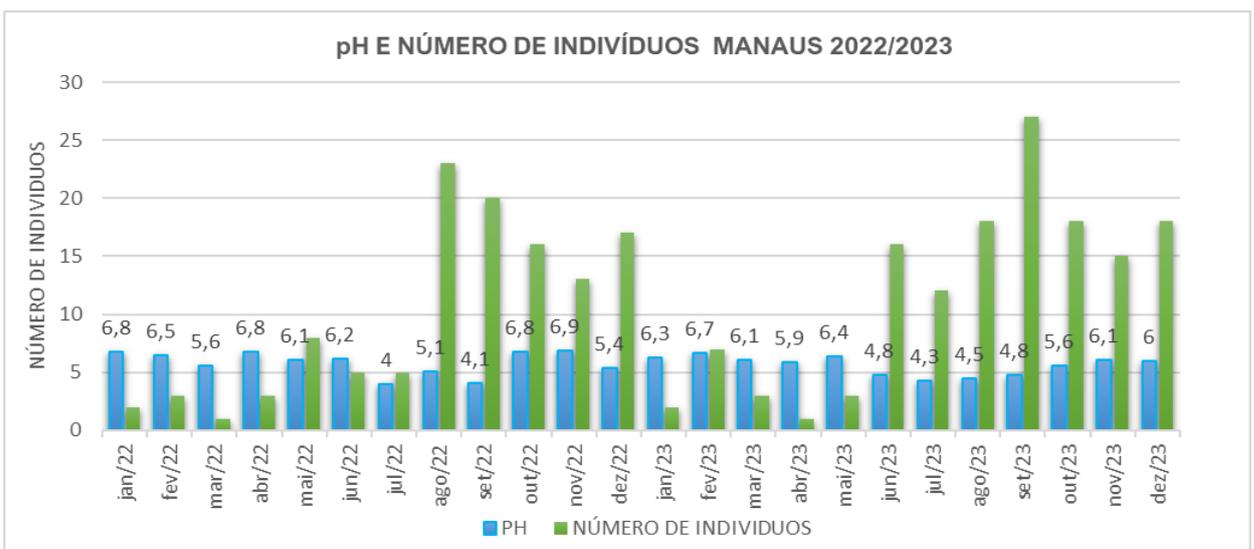
### 4.3 Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH é uma escala de 0 a 14 utilizada para determinar o grau de acidez de uma solução, sendo possível classificá-la como ácida (pH < 7), básica (pH > 7) ou neutra (pH = 7).

Para Furtado, (2016) se medirmos o grau de acidez de um limão, ficaria em torno de 2,2, entretanto as águas do rio Negro em dias ensolarados registraram 4,2 o que é considerado muito acima do normal. A acidez de um limão é duas vezes menor que a do rio Negro.

A bacia hidrográfica deste estudo, insere-se em ambiente urbano, evidenciado a alta concentração de esgoto doméstico com variações dos níveis de pH ao longo do sistema hidrográfico. As elevadas concentrações de amônia ocasionam mortandade de peixes contudo, foi possível identificar durante a realização da pesquisa em campo pequenas concentrações de alevinos nos trechos mais altos da bacia, o que demonstra a capacidade da natureza de adaptação (Gráfico 03).

**Gráfico – 03** Variação da pH e número de indivíduos Manaus 2022/ 2023



Fonte: INMET (2022-2023). Org autor 2023.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências no artigo IV, que estabelece as classes das águas nível I e II, são destinadas a preservação da vida aquática estipulando a variação de pH de 06 a 09 onde valores abaixo de 5 já podem provocar mortandade de peixes.

As águas podem ter diferentes valores para os índices de pH que variam de acordo com o solo e outras variáveis ambientais. Com referência ao tema, Lopes e Magalhães Junior, (2010) descrevem que o pH pode ter variações ao longo do dia decorrentes de processos biogeoquímicos e da radiação solar.

Os valores de pH registrados nos nove pontos de coleta obtiveram como média o valor aproximado de 5,6 considerado como ácido, os dados corroboram com os valores encontrados por Pinto *et al.* (2009 pág. 634), ao analisar os efeitos da ação antrópica sobre o rio Negro. As mensurações desses autores, em diferentes parâmetros encontrados nos rios que deságuam no rio Negro, indicaram valores de 5,7 a 6,5 para os igarapés do São Raimundo e Educandos.

Outro aspecto a se considerar, é que em ecossistemas aquáticos, o pH pode ser uma das variáveis ambientais mais importantes uma vez que processos bioquímicos em ambientes ácidos tendem a conter elevadas concentrações de metais pesados, porque a sua solubilidade aumenta acentuadamente (Gois, 2021, p. 17).

Segundo Pinto *et al.* (2009), as áreas sob forte influência antrópica na bacia hidrográfica do São Raimundo possuem concentrações acima do permitido de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Manganês (Mn). Isso se deve ao processo de oxirredução, ou seja, processos opostos, mas complementares de substâncias que reagem entre si, o pH ácido e a alta concentração de metais se deve ao despejo de esgoto doméstico e efluentes industriais ao longo da bacia.

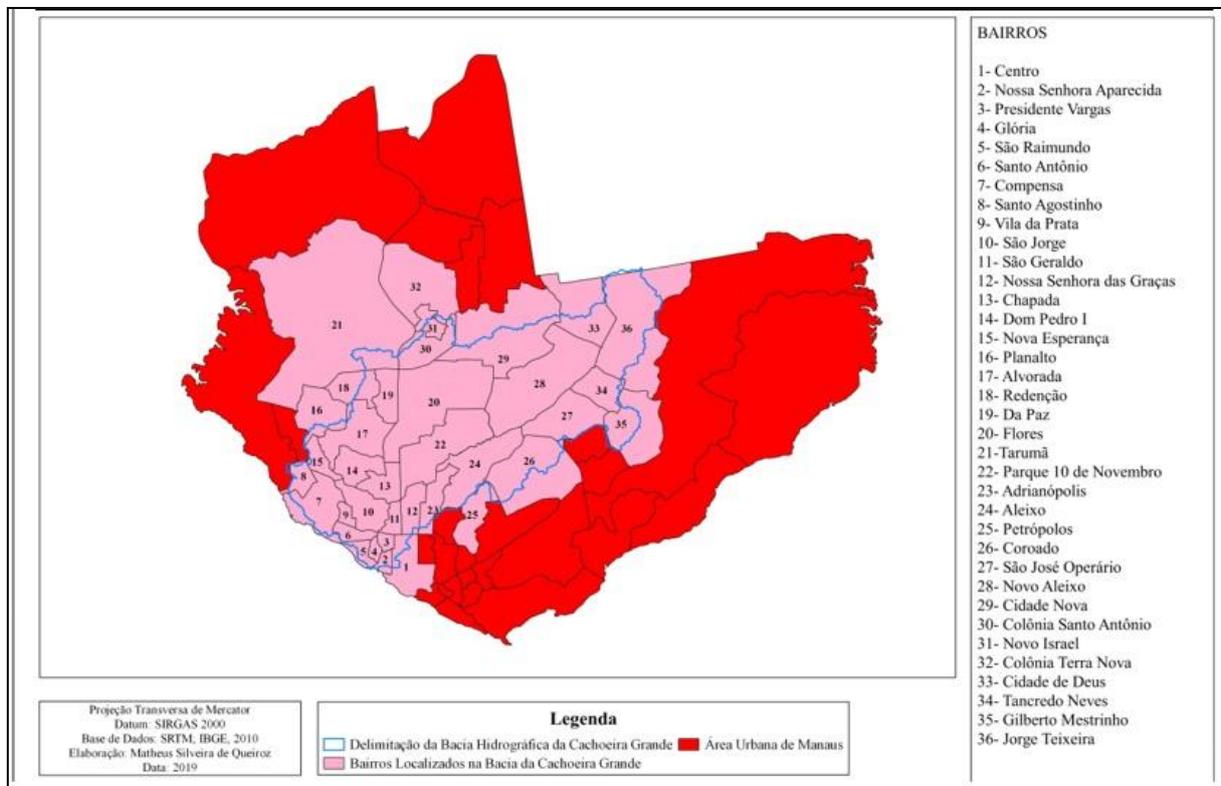
#### **4.4 Perfil altimétrico**

Vertentes e encostas são unidades geomorfológicas que ocupam a maior parte da superfície terrestre e seu estudo torna-se primordial para entender a dinâmica do relevo tanto urbano quanto rural (GUERRA, 2001, p. 164). No entanto, a expansão e ocupação do solo urbano, está resultando na fragmentação dos ecossistemas com a formação de fragmentos isolados de diferente tamanhos e formas (DURIGON, 2013).

Sob o mesmo ponto de vista Martins Junior, Souza e Souza (2014 p.258) descrevem que são notáveis as transformações ocorridas nos igarapés de Manaus ao longo de décadas — a partir da intensificação do acentuado processo de urbanização — houve a modificação da paisagem natural, o estreitamento de leitos e a diminuição da capacidade de fluxo, canalização, aterramento e ausência da mata ciliar.

Conforme relatório publicado por Lemos e Corrêa (2005) uma das nascentes do Igarapé do Mindu localiza-se no bairro Cidade de Deus, próximo à Reserva Florestal Adolpho Ducke, tal nascente forma um curso fluvial de 17 km de extensão que deságua no Igarapé dos Franceses. A partir desse ponto, percorre cerca de 9 km, sendo denominado Igarapé da Cachoeira Grande por 2 km, a partir da Ponte dos Bilhares. A faixa de desembocadura desse curso fluvial, situa-se nos bairros São Raimundo e Nossa Senhora de Aparecida (Figura 22).

**Figura 22 -** A bacia São Raimundo/Mindu inserida na área urbana de Manaus.



Fonte: IBGE. Org. Queiroz, 2019.

De forma geral a bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu - BHSRM está totalmente inserida na área urbana de Manaus compreendendo 36 bairros cortados por afluentes:

- Igarapé do Bindá: bairros Cidade Nova, Flores, Parque Dez de Novembro e Chapada; percorre a cidade sentido norte/centro-sul, desaguardo no Igarapé dos Franceses.
- Igarapé dos Franceses que drena principalmente os bairros Dom Pedro, Flores, Alvorada até chegar ao São Jorge, quando encontra o Igarapé do Franco.
- Igarapé do Franco engloba os bairros Vila da Prata, Compensa, Santo Agostinho, São Jorge, Santo Antônio, entre outros.

A dinâmica da paisagem modifica-se na medida em que o processo de ocupação do solo urbano se intensifica, tendo no curso superior a canalização fluvial e as nascentes comprometidas pela pressão urbana. No médio curso o relevo

predominante apresenta a base laterítica com afloramentos rochosos de “Arenito Manaus”.

Segundo Souza e Nogueira (2009, p 19) os depósitos da Formação Alter do Chão são constituídos por arenitos, argilitos caolinizados e, subordinadamente, conglomerados, contendo, localmente, níveis descontínuos de arenitos silicificados e ferruginosos, com espessura entre 1 e 2 metros, denominados informalmente de “Arenito Manaus”. e suas margens a ocupação se dar por palafitas.

Simas (2008) descreve que o domínio morfoestrutural corresponde a Formação Alter do Chão. Esta unidade morfológica compreende o relevo de colinas pequenas e médias dissecadas (em processo de erosão), onde os vales são estreitos e fechados e a drenagem é do tipo sub-dendrítica.

No curso inferior compreende à área de atuação do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus - PROSAMIM, seguida de áreas de palafitas e depósitos tecnogênicos que são criados pela acumulação de material descartado pelas atividades humanas (Figura 23).

**Figura 23** - Perfil altimétrico (A) Igarapé do Mindu (b) Igarapé do Franceses, Bindá e Franco.



A análise sobre a altimetria da Bacia Hidrográfica do São Raimundo/Mindu apontou como os pontos mais elevados o Mindu (Perfil A) onde a altitude ultrapassa 100 metros nos divisores de água e 60 metros entre fundos de vale e meia encosta. Já perfil (B) que corresponde aos igarapés dos franceses, Bindá e Franco a maior elevação atinge cerca de 58m e a mínima 18m.

O fundo de vale em períodos de cheia corresponde ao período dos meses de dezembro a maio, sendo o fluxo de água reduzido pelo aumento do volume de água do rio Negro, consistindo em um barramento hidráulico por parte do Negro (QUEIROZ *et al.*,2020).

[...] baixo curso do igarapé do Mindú segue o calendário hidrológico do rio Negro, influenciado por um barramento hidráulico. Queiroz et al. (2020) estimaram através da altura da coluna d'água em campo que a influência do rio Negro no igarapé atinge 1,5 km a partir da foz. Porém, se usando dados de campo e imagens de satélite que essa influência pode atingir até 2,0 km a partir da foz [...] (QUEIROZ, BATISTA e ALVES, 2020 p.66).

Do ponto de vista geomorfológico, todas as desembocaduras das bacias da cidade de Manaus, transformam-se em rias fluviais, condição hidrogeomorfológica que afeta significativamente o gradiente do canal. Assim, a foz e o curso médio tornam-se ambientes propícios para o surgimento de espécies oportunistas como as macrófitas (VASCONCELOS *et al.* 2014).

Processo semelhante ocorre em períodos de vazante nos setores montante e jusante, quando no fundo de vale se reproduzem, condições nas quais água quase estagnada torna-se um ambiente perfeito para colônias de diatomáceas em virtude da redução significativa do gradiente e exposição à intensidade luminosidade.

Desta forma, Viana (2007, p.133) descreve a velocidade da correnteza como importante fator para o crescimento e abundância de muitas espécies de diatomáceas, a ação mecânica da água acaba por arrancar as colônias do substrato, onde o crescimento e a forma de muitas espécies podem ser influenciados pela velocidade da correnteza (Figura 24).

**Figura 24** – Geótopo Médio Curso Mindu



Autor (2023)

Ao estudar lagos de várzea Sioli e Junk (1980) descrevem que a mudança periódica entre os sistemas aquático e terrestre favorecem a adaptabilidade de espécies, em virtude do curto espaço de tempo entre as estações, indicando predominância de espécies únicas nesses ambientes. Apesar de serem dois geótopos<sup>6</sup> distintos, (lago de várzea e a bacia hidrográfica) ambos evidenciaram a influência de processos abióticos com periodicidade semelhantes.

O gênero *Pinnularia* destaca-se como gênero predominante na BHSRM após uma centena de lamínulas analisadas em laboratório, não foi possível identificar nenhum outro gênero de diatomáceas a baixa diversidade de alguns rios está relacionada a fragmentos florestais, clima, relevo e a fatores antrópicos.

---

<sup>6</sup> Segundo Oliveira et al. (2017) e indispensável a análise de microforma e o geótopo compreende bem a escala de metro quadrado ou até decímetro quadrado sendo a sétima grandeza de análise espacial isto e, a menor unidade geográfica, homogenia perceptível no terreno onde os elementos inferiores também precisam de análise fracionando em laboratório.

#### 4.5 Coeficiente de correlação.

Matemático e estatístico britânico Karl Pearson (1857-1936) descreve uma ampla variedade de estudos nas mais diversas áreas com a engenharia, estatística e biologia evolutiva para Castro (2007), ele enriqueceu a ciência biológica ao introduzir o pensamento estatístico.

A correlação para Junpp (2006 pág. 43) refere-se à linear relação entre variáveis. O coeficiente de correlação é uma medida da associação entre duas variáveis numéricas, geralmente denotadas como x e y.

O coeficiente de correlação consiste em método estatístico usado para medir as relações entre as variáveis e o que elas representam. O que a correlação procura entender é como uma variável se comporta (Figura 25).

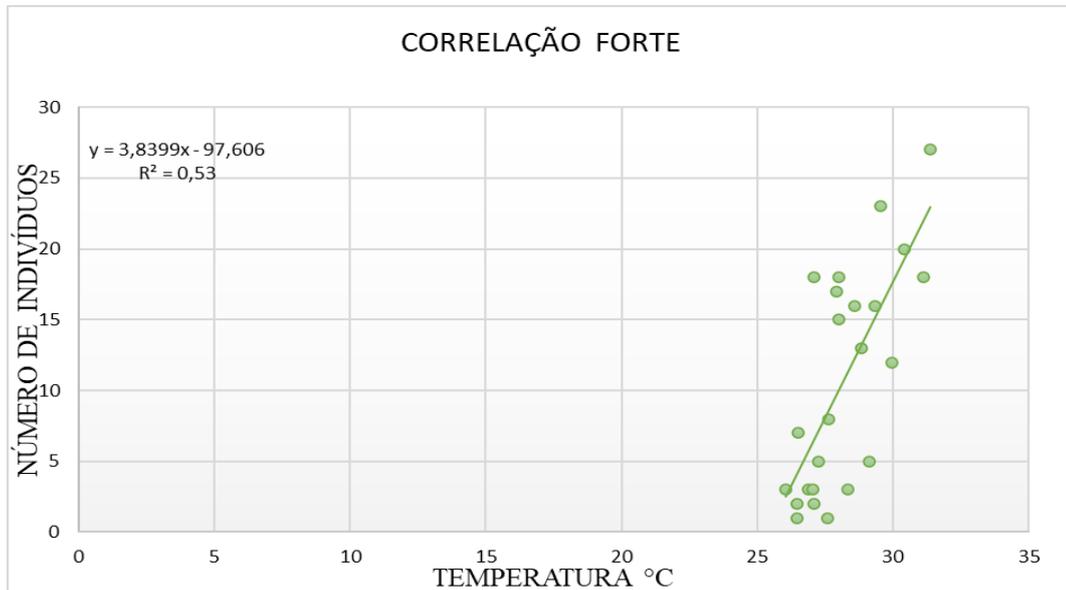
**Figura 25** - Fórmula do coeficiente de correção de Pearson.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

Fonte: Brito, Alexandre (2009). Org. autor 2023.

Após a realização do teste de correlação, os gráficos de dispersão e regressão linear de Pearson para as diatomáceas relacionados às variáveis de Temperatura e pH indicaram a relação da espécie com esses fatores abióticos (Gráfico 04).

**Gráfico – 04** Dispersão e regressão linear de Pearson para diatomáceas e temperatura.



Org. Autor (2023).

As interpretações indicam que o valor de (R) teve correlação positiva forte 0,73 entre as variáveis temperatura e número de indivíduos, sendo diretamente proporcional ao coeficiente de determinação no valor de ( $r^2$ ) = 0,53% mostrando que a determinação da relação (Tabela 05).

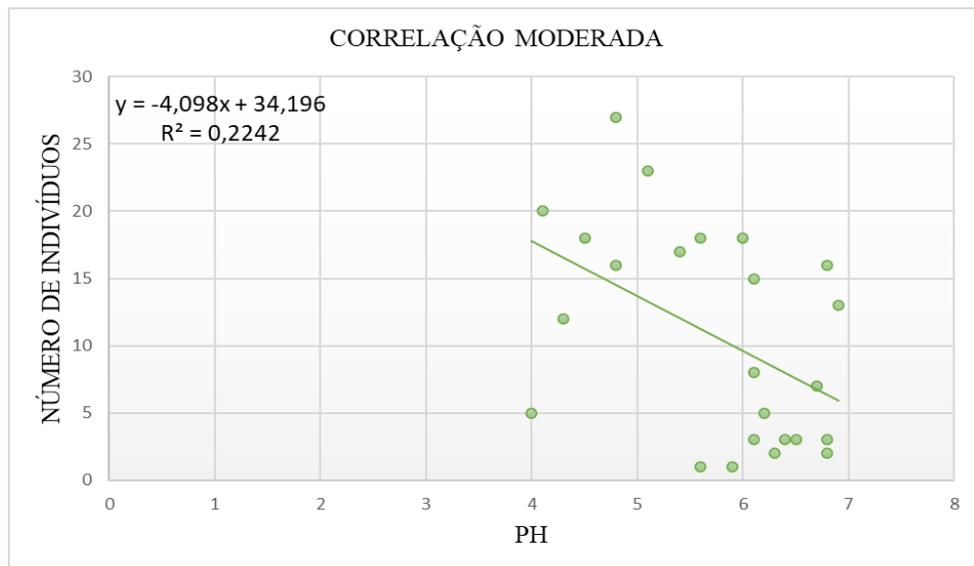
**Tabela 05** - Interpretação para os valores de correlação

Valor de $r$ (+ ou -)	Interpretação
0.00 a 0.19	Correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Correlação fraca
0.40 a 0.69	Correlação moderada
0.70 a 0.89	Correlação Forte
0.90 a 1.00	Correlação Muito Forte

Fonte: Brito, Alexandre (2009). Org. autor 2023

Ainda de acordo com Brito e Alexandre (2009) independente do sinal negativo ou positivo, quanto mais perto do valor de unidade (1), maior será o grau de independência estatística e linear das variáveis. Por outro lado, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação (Gráfico 05).

**Gráfico – 05** Dispersão e regressão linear de Pearson para número de diatomáceas e pH.



Org. autor 2023

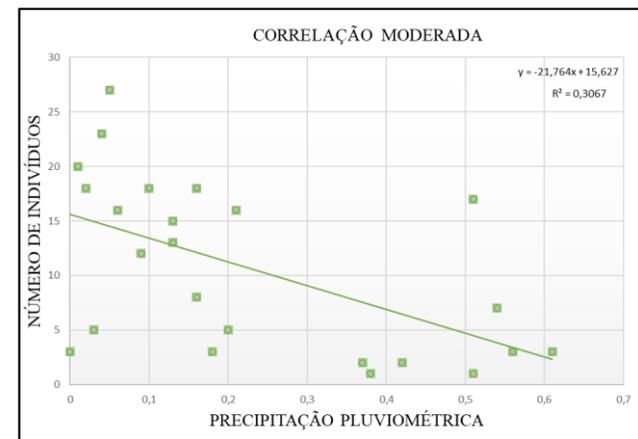
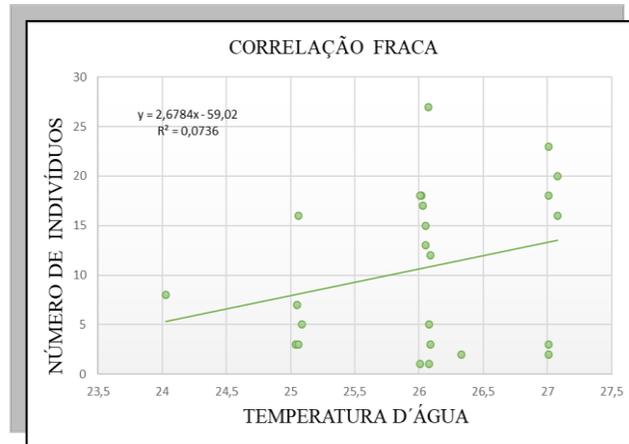
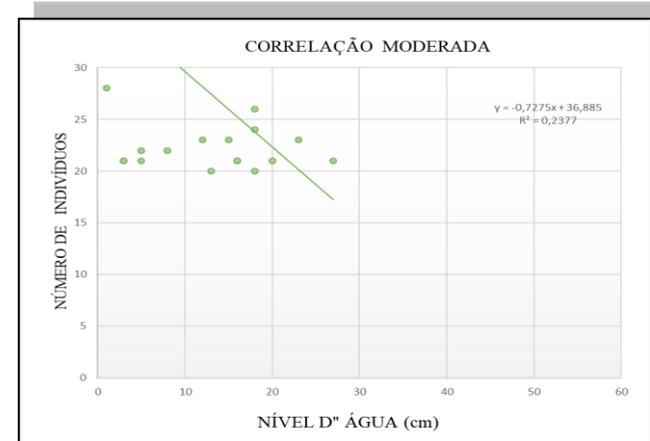
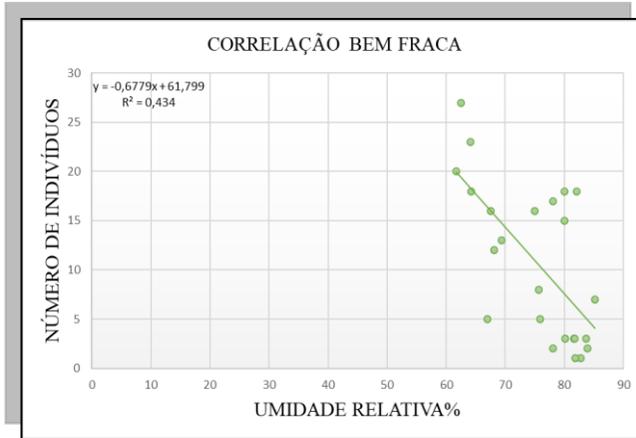
A associação das diatomáceas com o pH descreve a relação de determinação onde  $R^2$  é de 22,42% e seu coeficiente de correlação de 0,47 uma correlação moderada negativa, indicando a correlação da espécie em pH ácido. Os dados são semelhantes aos encontrados em Paragominas, no estado do Pará onde Silva *et al.* (2020) utilizando diatomáceas como indicadores da qualidade da água em rios urbanos apontaram valores de pH 5,02 muito próximo do valor de 5,6 encontrado na bacia hidrografia do São Raimundo/Mindu.

As variáveis analisadas a seguir descrevem uma assinatura ambiental pouco descrita na literatura esse comportamento mútuo de variáveis apresentam um comportamento antagônico que não necessariamente determina a formação única desse ambiente mais contribuirá para a descrição mesmo que momentânea da espécie

quadro

06.

**Quadro – 06** Dispersão e regressão linear de Pearson para diatomáceas e precipitação pluviométrica, nível d’ água, unidade relativa e temperatura d’ água.



Após a interpretação dos gráficos de correlação de Pearson apresentarem a unidade relativa do ar com correlação bem fraca, temperatura da água correlação fraca, nível da água correlação moderada e precipitação pluviométrica correlação moderada. Podemos descrever que a correlação de Pearson não é uma verdade absoluta tendo o pesquisador cuidado ao interpretar os gráficos.

De acordo com Miot (2018) quando a correlação for fraca moderada ou nula pode se concluir que não a evidências suficiente nas amostragens para concluirmos que a uma correlação segura.

Contudo mesmo que as interpretações tenham variabilidade entre si elas são simétricas, independente do coeficiente ser positivo ou negativo. Isso quer dizer, que o pesquisador deve sempre interpretar seus coeficientes a luz da literatura de suas respectivas áreas de pesquisa.

#### 4.6 REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Segundo Löwenberg e Kirsch (2024) um bom artigo em biogeografia só será bem avaliado se possuir cinco mapas ou mais, os mapas precisam ter coerência interna correspondência entre o título e a legenda bem como sua representação cartográfica. Um bom mapa de biogeografia deve representar a distribuição geográfica da espécie em forma de pontos ou polígonos.

Contudo, as técnicas para elaboração de mapas são de fácil compreensão e pode ser analisada por outros pesquisadores. Nessa perspectiva Furlan (2005 pág. 138), descreve que as áreas de distribuição espacial de uma espécie podem ser realizadas por diversas técnicas sendo a mais simples de todas, o mapa de nuvem de pontos.

Nas palavras de Brown e Lomolino (1998, pág. 61) a distribuição das espécies em diferentes níveis organizacionais constitui a base da biogeografia uma vez que os biogeógrafos estudam alterações a nível local. Tendo cautela na análise de representação cartográfica pois, toda a dinâmica populacional da espécie só poderá ser representada em uma única fração do tempo.

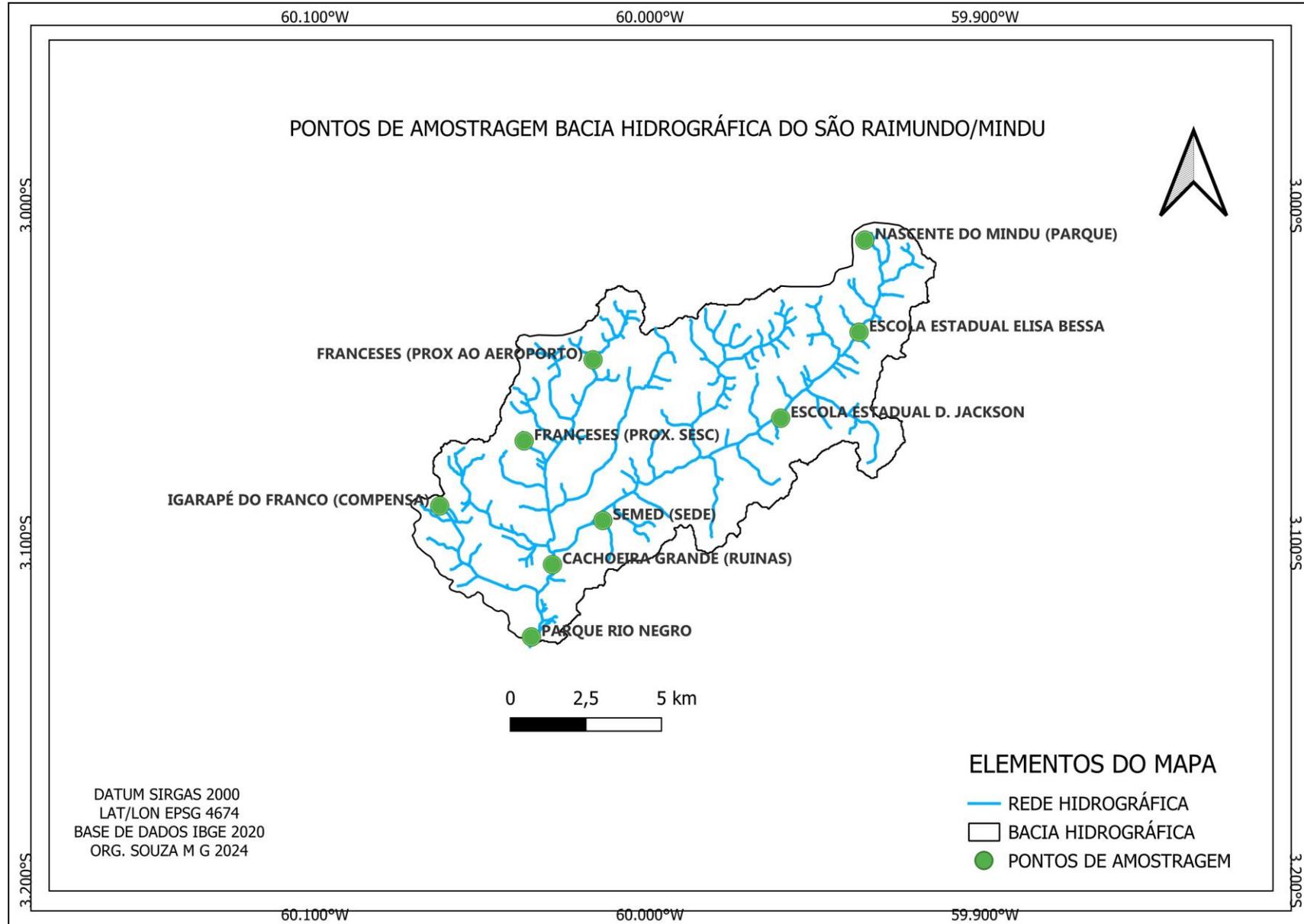
Para Pegolo (2021) a tecnologia de sensoriamento remoto será bem empregada na identificação de algas na superfície do corpo d'água, uma vez que, os sensores captam a energia refletida na superfície da floração de algas, sendo assim possível a combinação de reflectância de bandas em imagens para constituir a leituras espaço-temporal do fenômeno em reservatório e represas.

Contudo, por se tratar de uma espécie microscópica e a área de estudo constituir um rio, a melhor maneira descrita na literatura para a quantificação e mapeamento se dá pela quantidade de pontos amostrais ao longo da área de estudo.

A dificuldade técnica encontrada em seu mapeamento está em compreender, o que não se vê a olho nu, deixando a capacidade imaginativa do pesquisador de entender que os pontos de coleta aqui representados na

base cartográfica compreendem a totalidade espacial analisada na bacia hidrográfica e a espécie em questão se fará presente em toda a área de estudo, uma vez que, esses seres constituem colônias e podem se fixar em diferentes substratos ao longo da bacia.

Pela metodologia empregada na demarcação de pontos em campo e na coleta de amostras a utilização de sistemas de informações geográficas (SIG) tem vantagens em localizar precisamente as coletas, contudo não pode demonstrar em base cartográfica a quantificação da espécie por metros quadrado ou quilômetros, sendo pouco eficiente na análise de espécies microscópicas. Figura 26. Mapa de ponto das diatomáceas na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu.



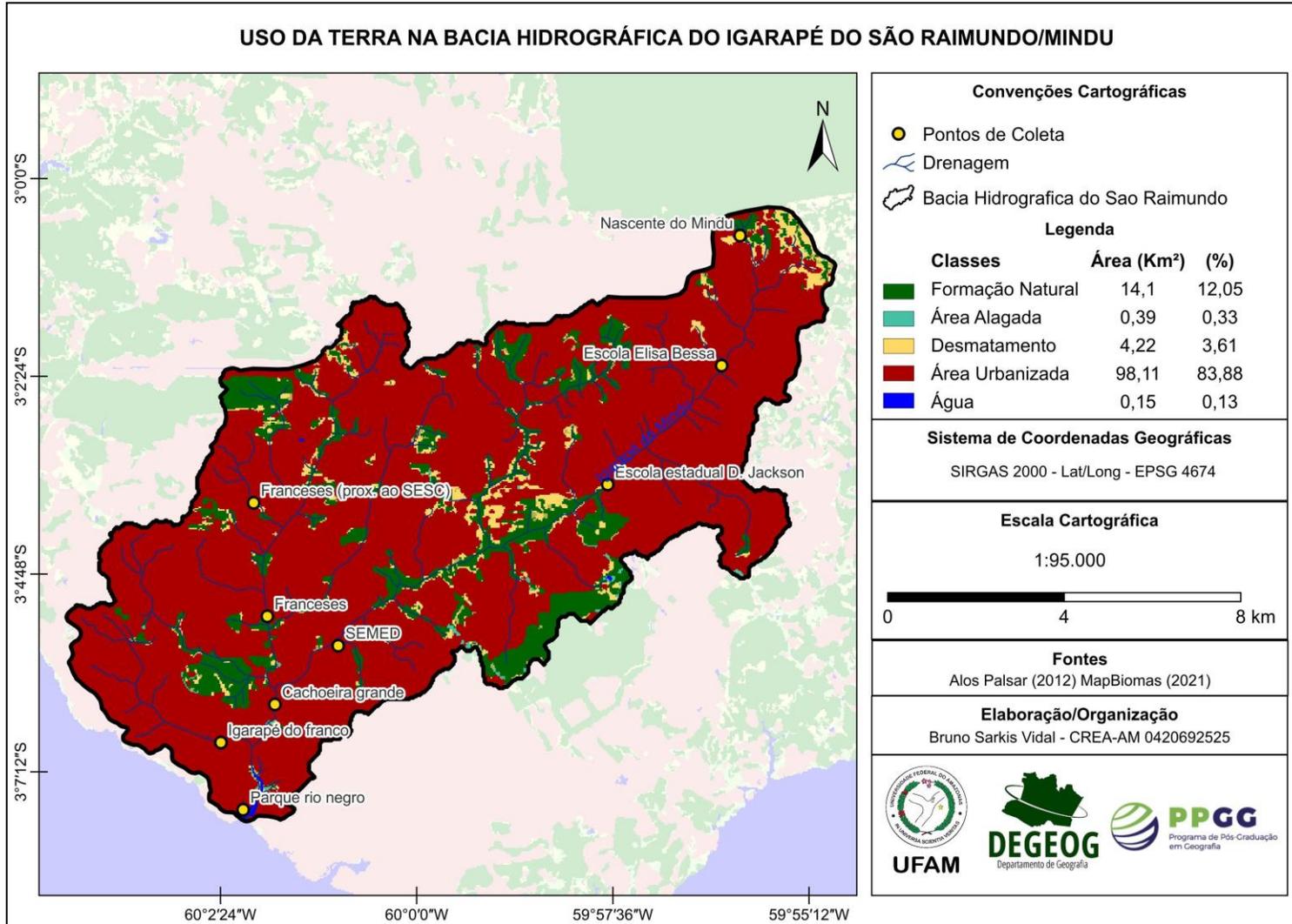
O uso e ocupação da terra, compreendem o desenvolvimento econômico e social de uma determinada região. Sua ocorrência de forma desordenada afeta diretamente os ecossistemas. De acordo com Dias (2013) o uso da terra compreende a transformação humana em uma determinada superfície delimitada tendo como exemplos regiões agrícolas, industriais, áreas de lazer e aglomerações urbanas.

Nesse contexto Oliveira, Rauber (2024) descrevem que o planejamento urbano visa colaborar para a ocupação de áreas urbanas adequadas preservando áreas sensíveis do meio ambiente, evitando desequilíbrio e extinção de espécies. Senso assim, o planejador pode compreender as principais tendências de determinadas áreas relacionando seu processo históricos e suas principais características.

A modelagem espacial ajuda a prever prováveis eventos ou simular eventos futuros. É possível mapear e quantificar variáveis espaciais que vão compreender a totalidade do espaço observável na medida em que, a ocupação urbana se expande, em campo se verifica o aumento da impermeabilização do solo o que vai promover ao longo prazo um escoamento superficial promovendo assim pontos de alagamento na cidade.

A área urbanizada da bacia hidrográfica compreende cerca de 83,88% restando pouco fragmentos muitos dos quais completamente isolados, sendo as áreas mais preservadas as nascentes dos igarapés, por se tratar de Áreas de proteção ambiental - APA.

Restando cerca de 12,05% da área de formação natural, o isolamento desse habitat resulta na redução do fluxo gênico de qualquer espécie ainda existente nessas áreas. Segundo Violante, Lira (2024), há também um aumento significativo de áreas afetadas pelo efeito de borda, ou seja, ocorrem mudanças na distribuição de espécies, provocadas pelos fatores abióticos nas proximidades. Figura 27 uso da terra bacia hidrográfica São Raimundo/Mindu.



Fonte: Mapas de biomas 2021. Org por Sarkis 2024

Os efeitos de borda podem alterar o comportamento, distribuição e a sobrevivência tanto de plantas como de animais, podendo ocorrer um influxo de espécies para os fragmentos funcionando como refúgio.

Soma-se a isso, a radiação solar e as elevadas temperaturas em decorrência da falta de vegetação, podendo assim beneficiar espécies invasoras. O fenômeno de borda pode ser sentido até 500 metros para dentro da floresta muitas espécies adaptadas a umidade, temperatura e a microclimas podem se adaptar ou se extinguir nesses fragmentos (Tabanez, et al. 1997).

As outras variáveis descritas, como área alagada, desmatamento e corpos d'água, correspondem às frações menores, porém não menos importante, sendo o uso do solo alterado, diretamente relacionado a qualidade da água. Os danos relacionados à erosão não ficam restrito somente aos aspectos terrestres, como também impactam diretamente nos ecossistemas aquáticos. (Gráfico 06).

**Gráfico - 06** Uso da terra na bacia hidrográfica do São Raimundo/ Mindu.



Org. autor 2023

As bacias hidrográficas por constituírem sistemas abertos onde a interações (solo, ar, água e vegetação) resultam em constantes perdas e ganho de matéria e energia. Neste contexto, é importante destacar que qualquer interferência nessas variáveis será registrada pelas comunidades de diatomáceas, sendo o registro estabelecido pela manutenção de um único gênero, nesse caso a *Pinnularia*.

A complexidade de processos em bacias hidrográficas desenvolve obstáculos na estimativa de padrões de organização de populações bentônicas, ou seja, seres vivos que vivem em substrato. Segundo Souza (2022 p. 168) a conectividade dessas paisagens, torna se a principal dificuldade na avaliação individual de cada gênero descoberto.

Em ambientes considerados mais preservados essa conectividade resulta uma variedade de habitats e indivíduos (Tate e Heiny, 1995; Allan e Castilho, 2007; Davis et al., 2015; Souza, 2022).

Ao avaliar os efeitos do uso do solo na qualidade da água Araújo (2021 p. 15) destaca que dentre os principais fatores que contribuem para a diminuição e seleção natural de determinados gêneros de diatomáceas, encontram-se a temperatura, a turbidez e Ph. Se esses fatores se alteram pelo uso do solo em áreas urbanas, remete-se à assinatura ambiental de cada gênero.

Apesar de fortes evidências de que é o gênero *Pinnularia* esteja associado a altos indices de perturbações antrópicas apenas variáveis químicas e físicas da qualidade da água, não são suficientes para descrever sua preferência por ambientes degradados. Contudo, nota-se na literatura que o gênero é encontrado facilmente em áreas com Ph ácido e baixo oxigênio dissolvido, o que caracterizaria igarapés com elevada carga de dejetos.

A facilidade em obter amostras e o baixo custo para identificação de gêneros ou espécies, poderia servir como parâmetros na possível assinatura ambiental de diferentes corpos d'água não só na cidade de Manaus como também no interior do estado do Amazonas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Por se tratar de uma espécie microscópica se faz necessário um conhecimento prévio de técnicas básicas de laboratório, vidraria e conceitos de química bem como o correto manuseio de materiais relativamente perigosos sendo indispensável o uso de equipamentos de proteção individual – EPI. E itens obrigatórios para laboratórios de análises: jalecos, luvas, máscaras ou respiradores, óculos de segurança e protetores faciais.

Ressalto que as coletas realizadas em campo bem como a identificação das amostras devem seguir rigorosamente os manuais já existentes, entretanto para realizar a oxidação do material coletado em campo e a confecção de lamínulas de diatomáceas, deve se seguir método de Stosch (1970). O objetivo desta pesquisa e descrever a assinatura ambiental<sup>7</sup> deste ser vivo, que sofre adaptações quando se trata da região amazônica.

Em decorrência da oxidação das amostras o método de Stosch (1970) e seguidos pela utilização da resina Naphrax como meio de inclusão (Índice de Refração = 1,74), contudo a utilização desse método torna se de alto custo para o pesquisador. O preço da resina pode chegar facilmente a 2,800 reais 15 ml o Naphrax é uma resina sintética que devido ao seu contato de superfície com as frústulas de diatomáceas, produzem lamínulas de alta qualidades ideais para obtenção da resolução fotográfica.

O Naphrax importado, não inclui Tolueno ( $C_6H_5CH_3$ ) que é um hidrocarboneto aromático que se apresenta, à temperatura ambiente, como um líquido incolor inflamável, volátil com odor adocicado e pungente, semelhante ao benzeno este elemento deve ser adicionado para uso na chegada ao país,

---

<sup>7</sup> A assinatura ambiental de uma espécie refere-se ao conjunto de condições abióticas — como temperatura, pH, turbidez e concentração de oxigênio — que determinam o ambiente onde a espécie é encontrada. Esses fatores podem influenciar diretamente a presença, a saúde e a distribuição de uma espécie em um ecossistema.

devido a restrições no transporte aéreo. Uma dica para diminuir os custos e a utilização do bálsamo do Canadá índice de refração de 1,52 encontrado facilmente e de baixo custo.

Para decomposição de material orgânico utiliza-se o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado com grau de ionização acida de 50% na temperatura de  $18^\circ C$ . Trata-se de uma substância não inflamável, muito corrosiva, oxidante, pouco volátil e higroscópica, ou seja, que absorve facilmente a água no ambiente. Esse tipo de material possui restrições para compra sendo necessário a utilização de outro elemento para substituição.

São citados na literatura diferentes ácidos: Ácido clorídrico ( $HCl$ , 1M), Permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ), Ácido oxálico saturado ( $C_2H_2O_4$ ), esses elementos possui a venda e posse restrita sendo necessário o cadastro na polícia federal e a compra em lojas especializadas.

O objetivo dessa pesquisa difere da maioria das pesquisas encontradas sob o título diatomáceas onde o seu objetivo principal está em descrever as espécies e organizá-las em uma tabela, sendo está a distribuição espacial para biólogos.

A pesquisa em questão, identificou apenas um gênero, que se deu pela morfometria; a assinatura ambiental compreendeu fatores abióticos como umidade relativa do ar, temperatura do ambiente, temperatura d'água, precipitação, nível d'água, Ph e à contagem de frústulas. Classificando as diatomáceas na bacia hidrográfica do São Raimundo/Mindu com baixo índice de diversidade, o que indica geralmente, ambientes alterados.

A preferência da espécie nas cotas altimétricas de 60 a 18 metros no fundo de vale pode estar relacionada ao acúmulo de sedimentos, baixa concentração de oxigênio e a um reduzido gradiente do leito, fatores esses, que são comuns em outras áreas ao longo da bacia. A interpretação de dados climáticos de 2022/2023 possibilitou identificar temperaturas de  $28.22^\circ C$  como predominantes.

Embora as áreas de coleta, estejam próximas aos fragmentos florestais, a vegetação parece ter pouca influência sob a redução na temperatura da água,

tendo em vista, que visivelmente as áreas de coleta mais expressivas estão e áreas abertas com a incidência direta da radiação solar.

A descrição da paisagem, por meio do protocolo de avaliação rápida de rios urbanos mostrou-se eficiente e de baixo custo, adicionando outras variáveis importantes para uma melhor definição e descrição ambiental da espécie.

A bacia hidrográfica, inserida em ambiente urbano evidência que a pressão antrópica nos igarapés de Manaus leva a uma baixa diversidade de espécies em comparação a ambientes menos impactados, reforçando a importância das diatomáceas como indicadores precisos para monitorar a qualidade de ambientes urbanos degradados.

É importante destacar que levantamento de dados de variáveis abióticas podem não ser suficientes para a detecção de impactos ambientais, embora a pesquisa tenha novas informações e crescente conhecimento da preferência da espécie a ambientes degradados as investigações ainda são insuficientes considerando a imensidade de habitats existentes em bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ananda Santa Rosa de. A biogeografia na formação em Geografia nas universidades federais brasileiras. 2012. 66 f., il. **Monografia** (Bacharelado em Geografia) Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/7065>. Acesso em: 14 jan 2024.

ARAUJO, Scarlet da Encarnação. Impactos do uso do solo na qualidade da água e comunidade perifítica de sistemas lóticos. Universidade federal de Minas Gerais 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/41333>. Acesso em: 04 jan 2024.

APA, I.P. 2017. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Diretiva Quadro da Água e a Lei da Água, Protocolo de amostragem e análise para o elemento de qualidade ecológica macrófitos. Departamento de Recursos Hídricos/Divisão do Estado Qualitativo da Água, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., Ministério do Ambiente. 2017. Disponível em: [https://www.apambiente.pt/dqa/assets/Protocolo\\_amostragem\\_e\\_analise\\_par\\_a\\_elemento\\_qualidade\\_macrofitos.pdf](https://www.apambiente.pt/dqa/assets/Protocolo_amostragem_e_analise_par_a_elemento_qualidade_macrofitos.pdf). Acesso em 26 nov 2023.

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. Stream ecology: structure and function of running waters. Springer Science & Business Media, 2007.

BATHURST. Diatoms as bioindicators of site use: locating turf structures from the viking. Rhonda R. Bathurst and Davide Zori and Jesse L. Byock, **Journal of Archaeological Science**, 2010. Volume 37, pág. 2920-2928. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Diatoms-as-bioindicators-of-site-use%3A-locating-turf-Bathurst-Zori/6a8a44e1eb0f6eb71377723ba0e1a10bee65f35f>. Acesso em: 20 Dez 2023.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. In: **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, p. 1-27, 1972.

BIBLIOTECA -NACIONAL - Alexandre Rodrigues Ferreira – **BNDigital**. Disponível em: <https://bndigital.bn.br/projetos/alexandre/personagens.htm>. Acesso em: 15 Jan 2024.

BARRETO, L; BARROS, F. BONOMO, P. ROCHA, F. AMORIM, J. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia biosfera**, [S. l.], v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3521>. Acesso em: 25 Dez 2023.

BOTELHO, R. G. M.; TÔSTO, K.L.; RANGEL, L. A. Protocolo de avaliação rápida (PAR): o método e suas aplicações. In: BRITTO, F. G. A. de; et al. (Orgs). Análise ambiental e gestão do território: contribuições teórico metodológicas. Rio de Janeiro: IBGE, 2018, p.228-266.

CARMO, Viviane Arruda. Wallace, Sclater e os modelos de distribuição biogeográfica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 16, n. 1, p. 113-129, 2021. \***Secretaria Municipal de Educação da cidade de São Paulo**. Pesquisadora do Grupo de Teoria da Biologia (GHTB-USP). Disponível em: [187762-Texto do artigo-505157-1-10-20210723.pdf](#). Acesso em: 22 Out 2023.

CONAMA, resoluções. **Ministério do meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-357-de-17-de-marco-de-2005/view>. 2015. Acesso em: 04 Nov 2023.

CASTRO, Jorge Alberto. VINHETA HISTÓRICA KARL PEARSON. SESQUICENTENÁRIO DE SEU NASCIMENTO. VITTALLE, Rio Grande, 19(2): 7-9, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/radge/Downloads/marianaappel,+VITAL+01+Vinheta+7+-+9.pdf>. Acesso em: 11 de Nov de 2024.

CORREA, Giselle Freire; CUNHA, Hillândia Brandão. Avaliação do grau de eutrofização de dois igarapés urbanos de Manaus - Am. **XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA**. CNPq/FAPEAM Manaus – 2011. Disponível em: [https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4146/1/pibic\\_inpa.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4146/1/pibic_inpa.pdf). Acesso em: 25 out 2023.

CAMPOS, Giselane dos Santos. Formações antropogênicas em sistemas ambientais urbanos: modificações nos igarapés da cidade de Coari-AM. 2024. 180 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2024.

DIAS, Leonice, GUIMARÃES, Raul. Biogeografia: conceitos, metodologia e práticas. – Tupã: **Editora ANAP**, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Michael/Downloads/biogeografia\_conceitos\_metodologia\_e\_praticas\_\_\_leonice\_seolin\_dias\_e\_raul\_borges\_guimaraes\_orgs.pdf>. Acesso em :20 set 2023.

DIAS, L. T.; WALDE, D. H.-G. MODELAGEM DA DINÂMICA ESPACIAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO PARANOÃ•-DF. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 65, n. 1, 2013. DOI: 10.14393/rbcv65n1-44784. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44784>. Acesso em: 14 out. 2024.

DURIGON, Mariana. Qualidade da água e comunidades de diatomáceas epilíticas na bacia hidrográfica do rio Vacaraí. Santa Maria Rio Grande do Sul. **Universidade Federal de Santa Maria**. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4858/DURIGON%2C%20MARIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 2013. Acesso em: 04 Nov 2023.

DAVIS, A. M.; PEARSON, R. G.; KNEIPP, I. J.; BENSON, L. J.; FERNANDES, L. Spatiotemporal variability and environmental determinants of invertebrate assemblage structure in an Australian dry-tropical river. *Freshwater Science*, v. 34, n. 2, p. 634-647, 2015.

WILSON, E. O. (2012). *Diversidade da vida*. Brasil: **Companhia de Bolso**. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Diversidade\\_da\\_vida/iPunBAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1](https://www.google.com.br/books/edition/Diversidade_da_vida/iPunBAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1). 2012. Acesso em: 10 Dez 2023.

FARIA, Roseli Teresinha Lorenzetti; FERNANDEZ, Oscar Vicente Quinonez. APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE HABITATS AQUÁTICOS EM CÓRREGOS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR). FARIA, R.T.L.; FERNANDEZ, O.V.Q. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de habitats aquáticos em córregos de Marechal Cândido Rondon (PR). *Geomae, Campo Mourão*, v.10, n.2, p.63-79, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/radge/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/protocolo%20de%20avalia%C3%A7%C3%A3o/23249%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/radge/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/protocolo%20de%20avalia%C3%A7%C3%A3o/23249%20(1).pdf). Acesso em 21 nov 2024.

FILHO, DALSON BRITTO FIGUEIREDO. Júnior Alexandre da Silva Jose. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Vol. 18, n. 1, Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/politica hoje/article/view/3852/3156>. 2019. Acesso em: 12 Jan 2024.

FORNEL, R; ESTRELA, P. (2012). Morfometria geométrica e a quantificação da forma dos organismos. Disponível em: (PDF) MORFOMETRIA GEOMÉTRICA E A QUANTIFICAÇÃO DA FORMA DOS ORGANISMOS (researchgate.net). Acesso em 14 abril de 2024.

FURLAN, S.A. Técnicas de Biogeografia. In: VENTURI, L.A.B. (Org). *Praticando Geografia Técnicas de Laboratório e Campo*. São Paulo. **Oficina de Textos**. p. 99 – 130. 2009.

FIGUEIRÓ, A. S. BIOGEOGRAFIA, HISTORICIDADE E EPISTEME: NOTAS PARA A COMPREENSÃO DE UMA NATUREZA HÍBRIDA NO ANTROPOCENO. *Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, e57367, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/57367/368123>. Acesso em: 20 de jan 2024.

FERREIRA, Sávio José Figueiras, Higuchi, Maria Inês Gasparetto. A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: Uma proposta de educação ambiental. 2. ed. Manaus: **Fapeam**, 2012. Cap. 5. p. 123-151.

FERREIRA, M. de O.; NEVES, C. E. das. ABORDAGEM GEOSISTÊMICA DE GEORGES BERTRAND: perspectiva sobre o pensamento geográfico. **Formação (Online)**, [S. l.], v. 30, n. 57, p. 7–30, 2023. DOI: 10.33081/formação. v30i57.8865. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/8865>. Acesso em: 17 jan. 2024.

Ferreira, Wander & Moreno, Pablo & Goulart, Michael & Petrucio, Mauricio. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*. 14. 91-98.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (Org.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: **BERTRAND BRASIL**, 2011, pp. 13-42.

GILLUNG, Jessica de Paula. Biogeografia a: a história da vida na Terra *Biogeography: the history of life on Earth*. **Revista da Biologia** (2011) Vol. Esp. Biogeograa: 1-5 Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revbiologia/article/view/108630>. Acesso em 17 out 2023.

GARCIA R.A. et al. Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. **Science** 344: 1247579, 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1247579>. Acesso em 07 jan 2024.

HOOKER, WILLIAM JACKSON, SIR, 1785-1865. Les fougères: organographie et classification. **Biblioteca digital de obras raras, especiais e documentação histórica da usp**. Disponível em: [http://obrasraras.sibi.usp.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1226/S-147207\\_COMPLETO.pdf?sequence=2](http://obrasraras.sibi.usp.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1226/S-147207_COMPLETO.pdf?sequence=2). Acesso em 22 out 2023.

HUGGETT, R. J. Fundamentals of Biogeography. Nova York: Routledge, 1998.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da terra. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. – 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA INMET. 2023 é o mais quente em 174 anos, confirma relatório da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 07 jan 2024.

JUNIOR, Ernandes Sobreira Oliveira et al. Córregos urbanos do município de Cáceres-MT, Brasil: um olhar para a conservação. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 17n, n. 17, p. 3268-3274, 2013

JÚNIOR, Antônio Pereira. Estudo sobre as diatomáceas em diferentes sistemas aquáticos nas cinco regiões brasileiras. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 10, p.82524-82552, oct. 2020.ISSN 2525-8761. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/18950/15237>. Acesso em: 23 out 23.

Jupp, Victor. 2006. The Sage Dictionary of Social Research Methods. London: Sage.

LACHI, Ana Mara Cruz. Usos e problemas socioambientais no processo de ocupação territorial sobre a bacia hidrográfica da Cachoeira Grande - Manaus-AM. 2022. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - **Universidade Federal do Amazonas**, Manaus (AM), 2022.

LOPES, Frederico Wagner de Azevedo, MAGALHÃES Jr, Antônio Pereira. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH): análise dos estudos recentes sobre recursos hídricos e suas conexões com a geografia física. Belo Horizonte 06(2) 134-147 julho-dezembro de 2010. Disponível em: [file:///C:/Users/radge/Downloads/wassis,+geografias-v6-n2-2010\\_137.pdf](file:///C:/Users/radge/Downloads/wassis,+geografias-v6-n2-2010_137.pdf). Acesso em: 04 nov 2023.

LOPES, A.; PAULA, J.; MARDEGAN, S. F.; HAMADA, N.; PIEDADE, M. T. F. Influência do habitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de Eichhorniacrassipes na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 4, p. 493-502, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/xKcHpgHXJSSbMnnMtrDWNGk/abstract/?lang=pt>. Acesso:3. Acesso em 02 jan 2024.

LEMOS. LILA SIGRID MACENA, Costa. Reinaldo Corrêa. Bacias Hidrográficas em Manaus (2005 – 2015). **Revista INPA**. Disponível em: [https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4696/1/riscos\\_fragilidades\\_problemas\\_ambientais.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4696/1/riscos_fragilidades_problemas_ambientais.pdf). Acesso em: 09 Jan 2024.

LEHMKUHL, Angela Maria da SILVA, Elton Augusto LEHMKUH, Denise de Campos BICUDO. Bioindicadores ambientais: o que as diatomáceas dizem sobre o ambiente humano. Seção especial: **Técnica e Ambiente**. Vol. 51, agosto 2019. DOI: 10.5380/dma.v51i0.64082. e-ISSN 2176-9109. Disponível em: [file:///C:/Users/radge/Downloads/64082-271380-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/radge/Downloads/64082-271380-1-PB%20(1).pdf). Acesso em: 23 Dez 2023.

LÖWENBERG, Peter Neto, Kirsch, Christian Bergmann. Mapeamento da distribuição geográfica de espécies na região neotropical: manual para aulas práticas / Foz do Iguaçu: EDUNILA, 2024. PDF (195 p.). Disponível em: Mapeamento da distribuição geográfica de espécies na região neotropical: manual para aulas práticas | Editora Universitária da UNILA. Acesso em: 14/04/2024.

LIBERAL, Raieli Carvalho Rêgo, Lezilda Carvalho Torgan, Sérgio Melo, Andreia Cavalcante Pereira. 2021. O gênero *Pinnularia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) em um lago de inundação do rio Tapajós (Lago Verde, Santarém, Pará, Brasil). **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, 76: e2021002, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/radge/Downloads/893-Texto%20do%20Artigo-6108-5658-10-20210216.pdf>. Acesso em 05 nov 2023.

MEDEIROS, Gabriela. Influência das variáveis ambientais e fatores espaciais na estruturação da comunidade de diatomáceas perifíticas ao longo de um ambiente lótico subtropical. 2018. 57 f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) - **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, Cascavel, 2018. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3865?mode=simple>. Acesso em:07 jan 2024.

MIOT, Hélio Amante. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais Editorial. *Jornal Vascular Brasileiro*, Volume: 17, Número: 4, Publicado: 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jvb/a/YwjG3GsXpBFrZLQhFQG45Rb/#>. Acesso em: 12 nov 2024.

MARTINS JUNIOR, Souza e Souza. Rios urbanos e a reprodução do espaço urbano na cidade de Manaus – Amazonas. Pracs: **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**. Macapá, v. 14, n. 3, p. 243-262, jul./set. 2014 Disponível em: [file:///C:/Users/radge/Downloads/6977-26897-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/radge/Downloads/6977-26897-1-PB%20(1).pdf). Acesso em 09 jan 2024.

MANAUS tem o 12º pior indicador de saneamento básico entre as 100 maiores cidades do Brasil. **G1 portal de notícias**. 2022. Disponível em : <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/03/22/manaus-tem-o-12o-pior-indicador-de-saneamento-basico-entre-as-100-maiores-cidade-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 20 nov 2023.

MARQUES. Sâmia Momesso, Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro. Algas como bioindicadores da qualidade da água. Revista científica ANAP Brasil, 2017. Disponível em: (PDF) [Algas como bioindicadores da qualidade da água \(researchgate.net\)](#). Acesso em 01 Mar 2024.

MIRANDA, Gustavo Silva de, DIAS Pedro Henrique dos Santos. Biogeografia de vicariância: histórico e perspectivas da disciplina que lançou um novo olhar sobre a diversidade na Terra. **Filosofia e História da Biologia**, v. 7, n. 2, p. 215-240, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/radge/Downloads/MirandaDias2012.BiogeografiadeVicarinca.pdf>. Acesso em 10 dez 2023.

MENDONÇA, Francisco; CUNHA, Fabio Cesar Alves; LUIZ, Gislaine Cristina. Problemática socioambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, [S.l.], v. 12, n. 18, p. 331-352, jun. 2017. ISSN 1679-768X. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6409>>. Acesso em: 03 nov 2023.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 153 a 163, jan. 2011. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/538>>. Acesso 03 nov 2023.

MANN DG & VANORMELINGEN P. 2013. An inordinate fondness? The Number, Distributions, and Origins of Diatom Species. 60(4): 414-420. **Journal of Eukaryotic Microbiology**. ISSN 1066-5234. Disponível em: [https://core.ac.uk/reader/55845561?utm\\_source=linkout](https://core.ac.uk/reader/55845561?utm_source=linkout). Acesso em: 23 dez 2023.

QUEIROZ, M.; BATISTA, S. ALVES, N. ANÁLISE HIDROLÓGICA DO IGARAPÉ DO MINDU, MANAUS, AMAZONAS, BRASIL. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 22, n. 3, p. 57-71, Dez. 2020,

<http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

OERTEL N, SALÁNKI J. Biomonitoring and Bioindicators in Aquatic Ecosystems. In: AMBASHT, R. S., Ambasht, N. K. Modern trends in applied aquatic ecology. **Boston, Springer**.2003. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-0221-0\\_10.3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-0221-0_10.3). Acesso em: 14 Dez 2023.

OLIVEIRA, Isabela Fernanda Gomes; Mariana Barbosa Timo; Luiz Eduardo Panisset Travassos; Patrícia Rodrigues Costa de Sá. PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA REGIÃO DE MONJOLOS, MINAS GERAIS. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.11, n.26, mai./ago. de 2017. pp.146-159. Disponível em: [file:///C:/Users/radge/Downloads/admin,+146-159%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/radge/Downloads/admin,+146-159%20(1).pdf). Acesso em: 27 fev. 2024.

OLIVEIRA DA SILVA, E.; RAUBER, A. L. Evolução da cobertura e uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Jari entre os anos de 1990 e 2020. **Revista Ciência Geográfica**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 84–100, 2024. DOI: 10.18817/26755122.28.1.2024.3630. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/cienciageografica/article/view/3630>. Acesso em: 14 out. 2024.

PASSOS, MESSIAS. Biogeografia e paisagem. 2.ed. – Maringá. 2003. 264p.

PEREIRA, Andreia Cavalcante, TORGAN Lezilda Carvalho, MELO Sérgio. Pinnularia (Bacillariophyta) do curso inferior do rio Negro, Amazonas, Brasil: taxonomia e distribuição temporal. \* Parte da tese de doutorado da primeira autora. vol. 42(3) 2012: 305 – 314. Acta Amazônica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Botânica. Disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/42-3/PDF/v42n3a01.pdf>. Acesso em: 04 jan 2024.

PEREIRA JUNIOR, A.; SILVA, P. D. A. da; JESUS, E. dos S; MORALES, G. P. Investigação decadal sobre diatomáceas e a qualidade da água nos rios urbanos a partir das ações antrópicas. CIS - Conjecturas Inter Studies, [S. l.], v. 21, n. 7, p. 56–75, 2021. DOI: 10.53660/CONJ-404-208. Disponível em: <https://www.conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/404>. Acesso em: 28 fev. 2024.

PLOTZE, rodrigo de oliveira. Visão artificial e morfometria na análise e classificação de espécies biológicas. Disponíveis em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-15042010-105936/publico/DO\\_RodrigoPlotze.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-15042010-105936/publico/DO_RodrigoPlotze.pdf). Acesso em 03 Jan 2024.

POSADAS, P; CRISCI, J.V.; KATINAS, L. Historical biogeography: a review of its basic concepts and critical issues. **Journal of Arid Environments**, Maryland. Disponível em: [http://www2.hawaii.edu/~khayes/Journal\\_Club/spring2007/Posadas\\_et\\_al\\_2006\\_J\\_Arid\\_Env.pdf](http://www2.hawaii.edu/~khayes/Journal_Club/spring2007/Posadas_et_al_2006_J_Arid_Env.pdf). Acesso em 23out 2023.

PINTO. Antônia Gomes Neta, Adriana Maria Coimbra HORBE, Maria do Socorro Rocha da SILVA, Sebastião Atila Fonseca MIRANDA, Domitila PASCOALOTO, Helder Manuel da Costa SANTOS. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Revista acta** vol. 39(3) 2009: 627 – 638. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/73gpFCXrFZsfg9HZxYT3rhj/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 04 Nov 2023.

PORTAL AMAZÔNIA. Inverno amazônico na verdade é verão; entenda por quê. Disponível em: <https://portalamazonia.com/noticias/meio-ambiente/inverno-amazonico-na-verdade-e-verao-entenda-o-por-que>. Acesso em 25 fev. de 2024.

PEGOLO Fellipe Lousada. CLASSIFICAÇÃO CONTÍNUA FUZZY NA ANÁLISE DE FLORAÇÕES DE ALGAS NO RESERVATÓRIO DE IBITINGA-SP: Estudo de caso utilizando Sensoriamento Remoto e Computação em Nuvem (Google Earth Engine). Instituto nacional de pesquisas espaciais INPE. Disponível em: [http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:trabalho\\_final\\_geoproc\\_essamento.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:trabalho_final_geoproc_essamento.pdf). Acesso: 13 outubro 2024.

PIRES; Jessika Oliveira; Vanderson Guimarães Fiochi; Leticia de Azevedo Teixeira. Biogeografia urbana: da percepção a resposta dos centros urbanos. Anais 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (21 a 23 de junho 2016). Disponível em: [\(Anais 5º SIGABI - compactada\) \(ufrj.br\)](#). Acesso em: 26 jan 2024.

QUEIROZ, MATHEUS; Goiabeira, Clarice; Batista, Selma; Alves, Neliane. (2020). Análise bacteriológica das águas das nascentes do igarapé do Mindu em Manaus - Amazonas. Disponível em: [file:///C:/Users/radge/Downloads/RESEARCH\\_ANLISE\\_NASCENTES.pdf](file:///C:/Users/radge/Downloads/RESEARCH_ANLISE_NASCENTES.pdf). Acesso em: 26 nov 2023.

REBELLO, Adoréa. A Erosão no Contexto das Bacias Hidrográficas. In: REBELLO, Adoréa (Org.). **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 9-39.

ROUND, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. The diatoms. Biology & morphology of the genera, **Cambridge University Press**, New York.

Disponível em:  
[https://books.google.com.br/books?id=xhLJvNa3hw0C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=xhLJvNa3hw0C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).  
Acesso em 26 Nov 2023.

SIMAS, Joemes de Lima. Análise morfoestrutural da cidade de Manaus (AM). 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - **Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, 2008. Disponível em:  
<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3260>. Acesso em: 10 Jan 2024.

SILVA, A. C. de S. da; FARIAS, N. do S. N.; JUNIOR, A. P. Diatomáceas como indicadores da qualidade da água em rios urbanos / Diatoms as indicators of water quality in urban rivers. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 34616–34643, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-125. Disponível em:  
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11178>.  
Acesso em: 12 jan. 2024.

SOUZA, José Carlos Santos de. Modificações no padrão de drenagem da microbacia do passarinho - Manaus (AM): a formação de barras sedimentares tecnógenas por deposição de resíduos sólidos. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - **Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, 2014.

SOUZA, Domingos Neto Santos de; Francielle Kellen Rodrigues da Silva; Reubyson Januário do Nascimento; Ana Emília Diniz Silva Guedes. Análise da qualidade das águas do igarapé do parque do Mindu da cidade de Manaus com base nas condições físico-químicas. 2017. Disponível em:  
[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_analise\\_da\\_qualidade\\_das\\_aguas\\_do\\_igarape\\_do\\_parque\\_do\\_mindu\\_da\\_cidade\\_de\\_manau\\_s\\_com\\_base\\_nas\\_condicoes\\_fisico-quimicas.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_analise_da_qualidade_das_aguas_do_igarape_do_parque_do_mindu_da_cidade_de_manau_s_com_base_nas_condicoes_fisico-quimicas.pdf). Acesso em 08 Ago 2023.

SOUZA, Valmir da Silva. NOGUEIRA, Afonso César Rodrigues. Seção geológica Manaus – Presidente Figueiredo (AM), borda norte da Bacia do Amazonas: um guia para excursão de campo. **Revista Brasileira de Geociências**. 39(1): 16-29, março de 2009. Disponível em  
<https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/viewFile/7626/7053>.  
Acesso em 24 Dez 2023.

SOUZA FILHO, Elton Alves de. Diagnóstico da qualidade das águas do igarapé do Mindú e criação de protótipo de aplicativo para disponibilização de dados em Manaus – Am. DISSERTAÇÃO - **PROFÁGUA** Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/2890>. Acesso em: 25 jul 2023.

SIQUEIRA, Josafá. Carlos de S.J. Fundamentos de uma Biogeografia para o espaço urbano. Disponível em: <http://www.anchietano.unisinos.br/publicacoes/botanica/volumes/059/artigo8.pdf>. Acesso em: 22 Jan 2024.

SANTOS et al. Comunidade de diatomáceas como bioindicador da qualidade da água: uma atividade prática. Departamento de Biologia, **Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal**. Captar volume 7 • número 1 2018. p 69-78. Disponível em: <<file:///C:/Users/Michael/Downloads/1075-Texto%20do%20Trabalho-1663-1-10-20190315.pdf>> Acesso em: 03 maio 2021.

SOUZA, Michael Guimarães de. Mapeamento das áreas de ocorrências do caramujo africano (*Achatina fulica*) na cidade de Manaus. 2020. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - **Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, 2020. Disponível em: [TEDE: Mapeamento das áreas de ocorrências do caramujo africano \(\*Achatina fulica\*\) na cidade de Manaus \(ufam.edu.br\)](https://tede.ufam.edu.br/TEDE/Mapeamento%20das%20%C3%A1reas%20de%20ocorr%C3%AAncias%20do%20caramujo%20africano%20(Achatina%20fulica)%20na%20cidade%20de%20Manaus). Acesso em: 23 out 2023.

SANTOS, André Luiz da silva, PEREIRA Eugenia Cristina Gonçalves. Biogeografia da paisagem. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/view/10605>. Acesso em: 17 jan 2024.

SOUZA, Nathan Ulian de. Isabela Cristina Maximowski Gonçalves, Leandro Redin Vestena. A INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA DIVERSIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DE CONFLUÊNCIAS FLUVIAIS EM GUARAPUAVA, PARANÁ. **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n.83-Dossiê de Biogeografia, p. 166-188, out. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/84112/51768>. Acesso em: 03 Jan de 2024.

SOUZA, B. I. de; MENDONÇA, J. D. L. de; SANTOS, M. L. F. dos; MELO, L. B. V. de. AMBIENTE, ANTROPOCENO E ENFERMIDADES: (RE)ABRINDO A CAIXA DE PANDORA. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 12–23, 2020. DOI: 10.21680/2447-3359.2020v6n2ID20547. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/20547>. Acesso em: 23 jan. 2024.

SANTOS, Charles Morphy D. 2011. Sobre a busca de padrões congruentes na biogeografia. **Revista da Biologia** (2011) Vol. Esp. Biogeografia: 6-11 Disponível em: [https://biogeografia.paginas.ufsc.br/files/2017/07/Revista\\_especial\\_Biogeografia.pdf](https://biogeografia.paginas.ufsc.br/files/2017/07/Revista_especial_Biogeografia.pdf). Acesso em: 05 nov 2023.

SMOL, J. P.; Stoermer, E. F. (Eds.). *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. 2 ed. New York: **Cambridge University Press**, 2010. Disponível em: [https://assets.cambridge.org/97811075/64961/excerpt/9781107564961\\_excerpt.pdf](https://assets.cambridge.org/97811075/64961/excerpt/9781107564961_excerpt.pdf). Acesso em 23 Abr 2023.

SILVA, E. B. da; ARAÚJO NETO, J. R. de; LIMA, B. P. Similaridade de eutrofização das águas superficiais da bacia do alto Jaguaribe, Ceará. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 336–343, 2017. DOI: 10.13083/reveng.v25i4.800. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/720>. Acesso em: 8 ago. 2023.

SILVA, A. R. DA; rodrigues, c. J.; Fonseca, a. L. D. Análise da paisagem em bacias hidrográficas costeiras como ferramenta de compreensão da qualidade ambiental. **Geographia**, v. 25, n. 54, 9 mar. 2023. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/44368>. Acesso em 08 Ago 2023.

SILVA, Cássia Fernanda Martins. Influência do aumento da temperatura e do escoamento superficial sobre a comunidade de diatomáceas perifíticas: Questões sobre um futuro climático 2018. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000012452.pdf>. Acesso em 06/01/2004.

SHIGEKI MAYAMA. A water education programme changing stewardship. Disponível em: <https://www2.u-gakugei.ac.jp>. Acesso em: 31 dez 2023.

SÉRVULO FURTADO. **Alta taxa de acidez no Rio Negro só permite banhos de até meia hora, diz engenheiro ambiental. 2016**. Disponível em: <https://climaesaude.icict.fiocruz.br/noticia/alta-taxa-de-acidez-no-rio-negro-so-permite-banhos-de-ate-meia-hora-diz-engenheiro-ambiental>. Acesso em 03 Nov 2023.

SOLAK, Cüneyt Nadir, Łukasz Peszek, Elif Yilmaz, Halim Aytekin Ergül, Melih Kayal, Fatih Ekmekçi, Gábor Várbió, Arzu Morkoyunlu Yüce, Oltan Canli, Mithat Sinan Binici, Éva Ács. **Use of Diatoms in Monitoring the Sakarya River Basin, Turkey**. *Water* 2020, 12, 703; doi:10.3390/w12030703. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/703>. Acesso em: 01/ Mar 2024.

TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*, v. 33, n. 3, p. 439-454, 1995.

TEIXEIRA AP ET AL. Diatomáceas bioindicadoras da qualidade da água: uma revisão - ISSN 1806-7409 Disponível em: [www.naturezaonline.com.br](http://www.naturezaonline.com.br). Acesso 20 jan 2024.

TABANEZ, A A J e VIANA, V M e DIAS, A S. **Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba - SP**. Revista Brasileira de Biologia, v. fe 1997, n. 1 , p. 47-60, 1997Tradução . . Acesso em: 15 out. 2024.

THOMANN, RV e Mueller, JA (1987) Princípios de Modelagem e Controle da Qualidade da Água Superficial. Harper-Collins, Nova York, 644 p. Disponível em:[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/Referenc esPapers.aspx?ReferenceID=1660539](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/Referenc esPapers.aspx?ReferenceID=1660539). Acesso em: 12 jun. 2023.

TEIXEIRA FILHO, J. G. A. MMPE-SI/TI (Gov) - Modelo de Maturidade para Planejamento Estratégico de SI/TI direcionado às Organizações Governamentais Brasileiras baseado em Melhores Práticas. 2010.Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - **Pós-graduação em Ciência da Computação, UFPE, Recife**. 2010.

VIDAL. Josep. Pont. Biogeografia urbana e a dialética do mundo do “mundo de vida. Paper do NAEA 231, maio de 2009. ISSN 1516911. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/pnaea/article/view/11378>. Acesso em:22 Jan 2023.

VIEIRA, Carlos Eduardo Lucas. Diatomáceas. October 2011. In book: Paleontologia (pp.30) Edition: 3a. Chapter: Diatomáceas Publisher: Interciência Editors: Ismar de Souza Carvalho. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262836546\\_Diatomaceas](https://www.researchgate.net/publication/262836546_Diatomaceas). Acesso em 24/01/2023.Acesso em 12 Jan 2024.

VIANA, João Cláudio Cerqueira. Diatomáceas (Bacillariophyceae) epilíticas como biomonitores da qualidade de água dos Rios Cumbuca, Mucugê e Piabinha (Chapada Diamantina-Ba) 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/12670>. Acesso em: 12 Jan 2024.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1). Disponível em: [https://www.academia.edu/39149408/Introdu%C3%A7%C3%A3o\\_%C3%A0\\_qualidade\\_das\\_%C3%A1guas\\_e\\_ao\\_tratamento\\_de\\_esgotos](https://www.academia.edu/39149408/Introdu%C3%A7%C3%A3o_%C3%A0_qualidade_das_%C3%A1guas_e_ao_tratamento_de_esgotos). Acesso em: 26 de Mar 2023.

VUILLEUMIER, F. Biogeography on the eve of the twenty-first century: towards an epistemology of biogeography. In: **International ornithology congress**, 22., 1999, Durban. Anais... Durban University, 1996. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00306525.1999.9639753>. Acesso em: 23 out 2023.

VASCONCELOS, Bruno, Faccini André, Ghilardi-Lopes Natalia. Ocorrência de espécies oportunistas em faixa de algas calcárias: um estudo integrado à Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269930162> Ocorrência de espécies oportunistas em faixa de algas calcárias um estudo integrado a Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros ReBentos. Acesso em 27 fev. 2024.

Violante, Guilherme Martins, Lira, Paula Koeler. O PAPEL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS PARA A CONSERVAÇÃO DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NA MATA ATLÂNTICA. Disponível em: [https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio\\_resumo2020/download/relatorios/CCB\\_S/BIO/BIO-Guilherme%20Martins%20Violante.pdf](https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2020/download/relatorios/CCB_S/BIO/BIO-Guilherme%20Martins%20Violante.pdf). Acesso em: 15 de out 2024.

WENGRAT S, TAVARES B, SILVA AMD, AQUINO NF (2007) Riqueza de Bacillariophyta (Nitzschia) no Rio Pi - quiri, Nova Laranjeira - Paraná, nos anos de 2003 e 2004. **Revista Brasileira de Biociências** 5(2): 1002- 1004.

ZORZAL-ALMEIDA S, LEHMKUHL E A, MARQUARDT GC, MORAIS KS, TRANCOSO MS & SILVA-LEHMKUHL AM. 2022. 177 years of diatom studies in Brazil: knowledge, gaps, and perspectives. *An Acad Bras Cienc* (2022) 94(3): e20210959 DOI 10.1590/0001-3765202220210959. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** | Annals of the Brazilian Academy of Sciences Printed ISSN 0001-3765 | Online ISSN 1678-2690. Disponível em: [www.scielo.br/aabc](http://www.scielo.br/aabc) | [www.fb.com/aabcjournal](http://www.fb.com/aabcjournal). Acesso em 28 maio 2023.

## GLOSSÁRIO

**BIOGEOGRAFIA URBANA:** envolvem uma série de fatores relacionados com o crescimento do ecossistema urbano e a gestão ambiental, muitas vezes desconsiderada no planejamento das cidades e não percebidas pelos próprios moradores.

**CADEIA TRÓFICA:** A cadeia alimentar representa uma sequência de seres vivos na qual um serve de alimento para o outro.

**CICLAGEM** é um importante processo para o correto equilíbrio do ecossistema, que integra seu sistema de filtragem e tem como objetivo criar um ciclo biológico, ou seja, é a colonização de bactérias nitrificantes benéficas que são responsáveis pela transformação da amônia e nitritos.

**EUTROFIZAÇÃO:** Do grego eutrophos, que significa bem nutrido, é um processo observado em diferentes corpos d'água e que se caracteriza pelo aumento de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, o que provoca surgimento excessivo de organismos como algas e cianobactérias.

**ESTADO TRÓFICO:** é um sistema de classificação projetado para classificar os corpos d'água com base na quantidade de produtividade biológica que eles sustentam.

**FAUNA BENTÔNICA:** compreende todos os organismos associados aos habitats de fundo, junto ao substrato, seja ele consolidado (rochas) ou inconsolidado (areia ou lama). Alguns animais podem viver sobre o fundo (epifauna) ou dentro do mesmo (infauna).

**FLAGELOS:** são filamentos finos e compridos (maiores que o corpo do organismo onde se encontram), constituídos por protoplasma que se expande do corpo celular. São capazes de movimento vibratório, utilizado na locomoção e alimentação. São frequentes nos protozoários, esponjas e gametas móveis.

**FRÚSTULA:** é a parede celular ou camada externa, dura e porosa, das diatomáceas. A frústula é composta por sílica quase pura, formada a partir de ácido silícico, e é coberta por uma camada de uma substância orgânica, que era referida na literatura mais antiga como pectina, uma fibra comum nas paredes celulares de planta.

**FITOBENTOS:** é um dos elementos indicadores de qualidade biológica, utilizado na classificação do estado/potencial ecológico para a categoria de massas de água Rios. Em Portugal as diatomáceas foram consideradas como proxies do elemento biológico fitobentos.

**GRAMINEAE:** também conhecida como gramíneas, capins, gramas ou relvas.

**HIDROMORFOLÓGICOS:** como os responsáveis pela sustentabilidade do estado/potencial ecológico das massas de água dos rios. Entre esses elementos destacam-se: o regime hidrológico, a continuidade dos rios e as condições morfológicas, elementos alterados ordinariamente pelas ações humanas. A vulnerabilidade dos solos à poluição e contaminação, desencadeada pelo uso e ocupação inadequados das áreas, compromete a qualidade e a quantidade de água disponível para consumo em razão das características hidrogeológicas da zona do aquífero, bem como do tipo de poluente/contaminante e da velocidade do fluxo.

**LÓTICO:** é o sistema aquático que está presente nos rios, nos riachos e nos córregos. Ele se caracteriza pelo fluxo de água constante que se desloca da nascente à foz. Já o lântico se refere a lagos, lagoas, reservatórios e pântanos, caracterizado por águas paradas e sem corrente.

**O ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO:** é um sistema de classificação projetado para classificar os corpos d'água com base na quantidade de produtividade biológica que eles sustentam. Embora o termo "índice trófico" seja comumente aplicado a lagos, qualquer corpo d'água superficial pode ser indexada.

**PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA (PPB):** é a fotossíntese em escala ecossistêmica e consiste na propriedade do dossel florestal responsável pela captação do carbono atmosférico.

**PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA (PPL):** é definida como a diferença entre a fotossíntese e a respiração autotrófica da vegetação natural.

**REINO PROTISTA:** é um dos reinos dos seres vivos, caracterizado por organismos eucariontes, autótrofos ou heterótrofos e unicelulares ou pluricelulares. Os protistas compreendem os protozoários e as algas.

**RAFE:** a palavra vem do grego 'costura' ou 'sutura' é a designação utilizada nas ciências biológicas para descrever a linha de união de duas secções simétricas de uma estrutura anatômica, de um órgão ou de um tecido.

**SERES BENTÔNICOS:** e um organismo vive dentro ou sobre o substrato é chamado de bântico ou bentônico.