



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO**

MARCELIA CASTRO CARDOSO

**CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS LACUSTRES EM SANTARÉM,
AMAZÔNIA ORIENTAL PARAENSE: DESAFIOS E PERSPECTIVAS**

**SANTARÉM - PA
2025**

MARCELIA CASTRO CARDOSO

**CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS LACUSTRES EM SANTARÉM,
AMAZÔNIA ORIENTAL PARAENSE: DESAFIOS E PERSPECTIVAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento para a obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais; Universidade Federal do Oeste do Pará; Área de concentração: Sociedade, Natureza e Desenvolvimento. Linha de Pesquisa: Recursos Naturais, Biodiversidade e Bioprospecção na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Melo

Coorientadora: Prof^ª. Dr^a. Ynglea Georgina de Freitas Goch

**SANTARÉM – PA
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

C268c Cardoso, Marcelia Castro
 Conservação de ecossistemas lacustres em Santarém, Amazônia Oriental Paraense:
 desafios e perspectivas. / Marcelia Castro Cardoso. - Santarém, 2025.
 131 p. : il.
 Inclui bibliografias.

Orientador: Sérgio Melo.
Coorientadora: Ynglea Georgina de Freitas Goch.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa,
Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natu-
reza e Desenvolvimento.

1. Políticas Públicas. 2. Qualidade Ambiental. 3. Recursos Hídricos. I. Melo, Sérgio,
orient.. II. Goch, Ynglea Georgina de Freitas, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 333.91098115

Bibliotecária - Documentalista: Cátia Alvarez – CRB/2 843



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO

ATA DE DEFESA DE TESE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO

Ao **trigésimo dia do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte e cinco**, às quinze horas, na sala 447 do Bloco Modular Tapajós II (BMT 2), realizou-se a **SESSÃO PÚBLICA** da defesa de tese da discente **MARCELIA CASTRO CARDOSO**, discente regularmente matriculada no curso de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sociedade Natureza e Desenvolvimento, da Universidade Federal do Oeste do Pará, orientada pelo Professor Dr. SÉRGIO MELO e Coorientada pela Professora Dra. YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH. A discente apresentou a tese intitulada **CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DE LAGOS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO TAPAJÓS (PA), AMAZÔNIA BRASILEIRA**. A Banca Examinadora e Julgadora foi presidida pelo orientador e composta pelos doutores ANDREIA CAVALCANTE PEREIRA (docente externa ao programa), HELIONORA DA SILVA ALVES (docente externa ao programa) e THIAGO ALMEIDA VIEIRA (docente interno ao programa). Em conformidade com o Regimento Interno do Programa, o presidente da banca, Prof. Dr. SÉRGIO MELO, abriu a sessão, passando a palavra a discente, que fez a exposição do trabalho, seguido da arguição de todos os membros da banca. Durante esse processo a discente respondeu satisfatoriamente aos questionamentos e se comprometeu a realizar os ajustes sugeridos pelos avaliadores. Ao finalizar a arguição, a Banca Examinadora e Julgadora se reuniu, sem a presença da doutoranda, deliberando pelo seguinte parecer: (X) **aprovada** () **reprovada**. Nada mais havendo por constar, lavrou-se e fez-se a leitura da presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e Julgadora, Presidente da Banca e Doutoranda. Santarém (PA), trigésimo dia do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte e cinco às dezoito horas e trinta minutos.

Documento assinado digitalmente
 **SERGIO DE MELO**
 Data: 30/01/2025 19:52:45-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Sérgio Melo
PPGSND/UFOPA

Documento assinado digitalmente
 **YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH**
 Data: 03/02/2025 13:40:27-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Ynglea Georgina de Freitas Goch
ICTA/UFOPA

Documento assinado digitalmente
 **HELIONORA DA SILVA ALVES**
 Data: 03/02/2025 10:11:19-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Helionora da Silva Alves
IBEF/UFOPA

Documento assinado digitalmente
 **ANDREIA CAVALCANTE PEREIRA**
 Data: 31/01/2025 11:44:36-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Andreia Cavalcante Pereira
ICTA/UFOPA

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO ALMEIDA VIEIRA**
 Data: 03/02/2025 07:16:34-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Thiago Almeida Vieira
PPGSND/UFOPA

Documento assinado digitalmente
 **MARCELIA CASTRO CARDOSO**
 Data: 03/02/2025 13:10:26-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcelia Castro Cardoso
Discente PPGSND



PPGSND

Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento

Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

 secpgsnd@gmail.com.br

 <http://www.ufopa.edu.br/ppgsnd/>

 Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós),
 BMT2, sala 135A, Salé, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brasil

DEDICATÓRIA

À Deus sobre todas as coisas, por toda graça concedida.
À minha amada mãe Ilaiza, pelo amor incondicional, por todas as intercessões a
Deus pela minha vida, pelo companheirismo, fidelidade e amizade.
Ao meu querido irmão Adrian (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo e apoio.

À Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa) que há 15 anos atua para desenvolvimento e conservação da Amazônia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) pela sensibilidade, sobretudo, em períodos pós-pandemia, que contribuíram para cumprimento da Tese e do Curso.

Aos meus orientadores Dr. Sérgio Melo e Dra. Ynglea Goch pela confiança, respeito e produção ao longo desses anos.

À equipe do Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Algas (LABETA), do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA/Ufopa), em nome da Prof^a. Dra. Andreia Cavalcante, pelo auxílio e todo espaço acolhedor que criamos no trabalho de campo.

À equipe do Laboratório de Biologia Ambiental (LAB/Ufopa), Prof. Dr. Reinaldo Peleja e Técnicos Flávia Cristina e Edvaldo Lemos, pelo suporte técnico necessário na execução da pesquisa.

À Gabriele Vidal pela parceria nas coletas de campo e Brendson Brito nas análises de mercúrio.

Ao Prof. Dr. Silvio Eduardo Matos Martins pelos diálogos científicos.

Aos colegas Taiana Carvalho, Valdemir Farias e Avner Gaspar, pelo suporte e conhecimento compartilhado.

Aos professores Dr. Thiago Vieira e Dra. Helionora Alves, pela parceria científica e incentivo nesses anos de Ufopa.

Aos parceiros e amigos do SND, em especial Lizandra Elizeário e Aurilene Santos, pelo incentivo e acolhimento.

Aos amigos Camila Viana de Oliveira e Gabriel Vitor da Silva Coelho, pela parceria de vida, produção, compartilhamento e soma de conhecimentos.

Ao queridos Ruineris Cajado, Alesandra Branches e Márcia Sabrina, pela parceria e contribuição nas etapas de fechamento desta Tese.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram nessa jornada árdua, de muito aprendizado e esforço para obtenção do título.

EPÍGRAFE

*“Muitos propósitos há no coração do homem,
mas o desígnio do SENHOR permanecerá”.*

Provérbios 19:21

RESUMO

Os lagos amazônicos desempenham papel importante na manutenção da biodiversidade, sendo dotados de relevância social, econômica e territorial, e quando situados em centros urbanos ou próximos a eles, são submetidos a diversos impactos. Assim, com o objetivo de avaliar as condições ambientais de lagos de inundação, localizados em área de expansão urbana do município de Santarém, Pará, e sujeitos a diferentes ações antrópicas, foram estabelecidos os objetivos específicos: 1) compreender as dinâmicas econômicas e socioambientais que são estabelecidas em função dos ecossistemas lacustres, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, oeste do Estado do Pará; 2) estudar a relação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e a conservação de ecossistemas lacustres no município de Santarém, sob a ótica dos lagos de inundação Tapari e Juá relacionados às APAs Alter do Chão e Juá, respectivamente; 3) analisar a concentração de nutrientes e a qualidade da água nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá em comparação aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005 para corpos de água, classe 2, por variáveis físico-químicas e microbiológicas; 4) produzir um ensaio visual sobre os ecossistemas lacustres estudados. Para tanto, foram realizadas pesquisas bibliográfica, documental e qualitativa; análise de dados cartográficos; registros fotográficos; e análise das variáveis limnológicas de amostras de água coletadas mensalmente entre janeiro a dezembro do ano de 2021, englobando os períodos de enchente, águas altas, vazante e águas baixas do rio Tapajós. Os resultados apontam que apesar da alteração da paisagem, deterioração dos recursos e do capital natural existentes, os lagos mostram-se resilientes às ações antrópicas, e carentes de uma gestão responsável e ativa, sem a separação dos impactos ambientais dos impactos socioeconômicos, políticos e culturais, devendo ser avaliado e monitorado tanto o meio biofísico, quanto o meio artificial. Os ecossistemas lacustres são fontes de capital natural importantes para a manutenção da vida e qualidade ambiental, torna-se imprescindível mantê-los em boas condições de conservação, de forma a evitar sua transformação em um capital natural crítico.

Palavras-chave: Políticas Públicas. Qualidade Ambiental. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

Amazonian lakes play an important role in maintaining biodiversity, being endowed with social, economic and territorial relevance, and when located in or near urban centers, they are subject to several impacts. Thus, with the objective of evaluating the environmental conditions of flood lakes, located in an urban expansion area of the municipality of Santarém, Pará, and subject to different anthropic actions, the following specific objectives were established: 1) to understand the economic and socio-environmental dynamics that are established according to lake ecosystems, located in urban expansion areas of the municipality of Santarém, western Pará State; 2) to study the relationship between Environmental Protection Areas (EPAs) and the conservation of lake ecosystems in the municipality of Santarém, from the perspective of the Tapari and Juá flood lakes related to the Alter do Chão and Juá APAs, respectively; 3) to analyze the concentration of nutrients and water quality in the floodplain lakes of the Tapajós, Tapari and Juá river basins in comparison with the standards established by CONAMA Resolution n° 357/2005 for water bodies, class 2, by physical-chemical and microbiological variables; 4) to produce a visual essay on the studied lake ecosystems. To this end, bibliographic, documentary and qualitative research were carried out; analysis of cartographic data; photographic records; and analysis of limnological variables of water samples collected monthly between January and December of 2021, encompassing the flood, high water, ebb and low water periods of the Tapajós River. The results indicate that despite the changes in the landscape and the deterioration of existing resources and natural capital, the lakes are resilient to human actions and lack responsible and active management, without separating environmental impacts from socioeconomic, political and cultural impacts. Both the biophysical and artificial environments should be evaluated and monitored. Lake ecosystems are important sources of natural capital for the maintenance of life and environmental quality. It is essential to keep them in good conservation conditions in order to avoid their transformation into critical natural capital.

Keywords: Public Policies. Environmental Quality. Water Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Pressão-Condição-Resposta que evidencia a importância do monitoramento limnológico à composição de trajetórias sustentáveis no uso dos recursos hídricos urbanos. Fonte: MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008.....	8
Figura 2 - Interdependência das indissociáveis condições: A. Ecológica. B. Social e C. Econômica, a qual resulta em D. Complexidade Ambiental. Fonte: MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008.....	10
Figura 3 - As cinco dimensões da sustentabilidade. Fonte: SACHS, 1993.....	22
Figura 4 - Sustentabilidade Fraca versus Sustentabilidade Forte. Fonte: Adaptado de BARBIER, 2003 apud ANDRADE; ROMEIRO, 2009b.....	24
Figura 5 - Comprometimento dos serviços ambientais dos ecossistemas devido ao desmatamento. Fonte: TUNDISI; TUNDISI, 2010.....	26
Figura 6 - Mapa do município de Santarém, Pará com localização dos Lagos Juá, Maicá e Mapiri. Fonte: CARDOSO, 2019.....	29
Figura 7 - Mapa área em estudo com localização dos lagos Tapari e Juá em referência às APAs Alter do Chão e Juá, município de Santarém, Pará, Brasil. Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.....	40
Figura 8 - Mapa das Áreas de Proteção Ambiental do município de Santarém, Pará, Brasil. Fonte: SEMMA, 2025.....	48
Figura 9 - Mapa de uso temporal e cobertura em NDVI referentes aos anos 2017, 2020 e 2023 do entorno da APA Alter do Chão com recorte amostral referente ao lago Tapari, município de Santarém, Pará, Brasil. Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.....	55
Figura 10 - Mapa de uso temporal e cobertura em NDVI referentes aos anos 2017, 2020 e 2023 do entorno da APA Juá com recorte amostral do limite ao lago Juá, município de Santarém, Pará, Brasil. Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.....	56
Figura 11 - Mapa de localização do lago Juá e Tapari com determinação dos pontos de coleta. Fonte: CARDOSO, 2025.....	71
Figura 12 - Variação ao longo das fases hidrológicas das sete variáveis mais importantes para explicar a variabilidade limnológica dos lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Os asteriscos de cores diferentes indicam diferenças significativas entre as fases hidrológicas. Fonte: CARDOSO, 2025.....	78
Figura 13 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos dois primeiros eixos, resumindo as variações nas características limnológicas ao longo das fases hidrológicas e lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Abreviações:	

EC = Escherichia coli (UFC (3)); CT = Coliformes Totais (UFC (3)); Profund. = Profundidade (m); Temp. = Temperatura (°C); pH = potencial hidrogeniônico; Transp. = Transparência (m); Cond. = Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); NH_3 = Amônia (mg.L^{-1}); NO_3 = Nitrato (mg.L^{-1}); NO_2 = Nitrito (mg.L^{-1}); PT = Fósforo Total (mg.L^{-1}); OD = Oxigênio Dissolvido ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$); DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$); Clorofila_T = Clorofila Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); SDT = Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L^{-1}).
 Fonte: CARDOSO, 2025.....81

Figura 14 - Dispersão multivariada dos valores de distâncias para os centroides de grupo calculados pelo PERMDISP, representando a heterogeneidade ambiental entre os lagos (a) e as fases hidrológicas em cada lago (b), das condições limnológicas dos lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. AA_J = Águas altas Juá; AA_T = Águas altas Tapari; AB_J = Águas baixas Juá; AB_T = Águas baixas Tapari; E_J = Enchente Juá; E_T = Enchente Tapari; V_J = Vazante Juá; V_T = Vazante Tapari. Fonte: CARDOSO, 2025.....82

Figura 15 - Registro do letreiro na orla da cidade e ao fundo o “Encontro das Águas”, águas brancas do rio Amazonas e águas claras do rio Tapajós, ambos considerados pontos turísticos da cidade de Santarém, Pará, Brasil. Fonte: CARDOSO, 2024.....94

Figura 16 - Imagem aérea da cidade de Santarém, Pará, Amazônia brasileira. Fonte: CARDOSO, 2024.....95

Figura 17 - Imagem aérea representativa do uso do rio Tapajós para operações portuárias e de pequenas embarcações que transportam mercadorias e pessoas em Santarém, Pará, Brasil. Fonte: CARDOSO, 2024.....95

Figura 18 - Os lagos de inundação como territórios tradicionais pesqueiros, em Santarém, Pará, Brasil. Fonte: CARDOSO, 2019.....96

Figura 19 - Pescador artesanal no lago Juá em Santarém, Pará, Brasil. Fonte: CARDOSO, 2021.....97

Figura 20 - Mudança visível na coloração da água do lago Juá em Santarém, Pará, devido a florações de cianobactérias. Fonte: CARDOSO, 2021.....98

Figura 21 - Registro da cidade de Santarém, no Estado do Pará, vista de frente e coberta por fumaça em novembro de 2024. Fonte: CARDOSO, 2024.....99

Figura 22 - Registro de pescadores artesanais em período de estiagem prolongada em outubro de 2024, no lago Tapari em Santarém, Pará, Brasil. Fonte: CARDOSO, 2024.....101

Figura 23 - Imagem do lago Tapari em Santarém, no Pará, em período de estiagem extrema em outubro de 2024. Fonte: CARDOSO, 2024.....102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Proteção Permanente

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COP 30 - 30ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

Hg - Mercúrio

HgT - Mercúrio Total

ICTA - Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas

MOT - Matéria Orgânica Total

NH₃ – Nitrogênio Amoniacal

NO₂- Nitrito

NO₃- Nitrato

OD - Oxigênio Dissolvido

P - Fósforo Total

pH - Potencial Hidrogeniônico

PPGSND - Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento

SEMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SS - Sólidos Suspensos

ST - Sólidos Totais

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

UC - Unidade de Conservação

Ufopa - Universidade Federal do Oeste do Pará

µm - Micrómetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Hipótese norteadora.....	3
1.2 Objetivo geral.....	4
1.3 Objetivos específicos.....	4
1.4 Organização da Tese.....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Abordagem narrativa sobre ecossistemas lacustres e a relevância da produção científica na avaliação de suas condições ambientais no Brasil.....	7
2.2 Relevância ecológica, socioeconômica e cultural dos lagos de inundação no oeste paraense.....	11
2.3 A influência das mudanças climáticas nas condições ambientais, ecossistemas naturais, e a necessidade de reflexão em tempos de COP 30.....	14
3 CAPÍTULO 1 - RECURSOS PESQUEIROS VISTOS COMO CAPITAL NATURAL CRÍTICO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE TRÊS ECOSSISTEMAS LACUSTRES, EM SANTARÉM, ESTADO DO PARÁ.....	16
Resumo.....	17
3.1 Introdução.....	18
3.2 Desenvolvimento.....	19
3.2.1 Capital natural e economia ecológica.....	19
3.2.2 Abordagens econômicas sobre uso sustentável e eficiente do capital natural.....	21
3.2.3 Ecossistemas aquáticos enquanto fontes de capital natural.....	25
3.2.4 Capital natural <i>versus</i> Capital natural crítico.....	26
3.2.5 Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise dos lagos Juá, Maicá e Mapiri em Santarém, Estado do Pará.....	28
3.3 Considerações Finais.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
4 CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APAS) E A CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS LACUSTRES EM SANTARÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL.....	34
Resumo.....	35

4.1	Introdução.....	36
4.2	Material e Métodos.....	39
4.2.1	Área de estudo.....	39
4.2.2	Utilização do NDVI.....	40
4.3	Resultados e Discussão.....	43
4.3.1	Unidades de conservação: instrumentos legais para proteção ambiental.....	43
4.3.2	Áreas de proteção ambiental e os desafios legais e ambientais para a sustentabilidade.....	45
4.3.3	Um breve histórico sobre UCs na categoria APAs no município de Santarém, Oeste do Pará.....	47
4.3.4	Mapas temáticos de uso e cobertura do solo das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) Alter do Chão e Juá.....	54
4.3.5	Proposições de instrumentos de gestão para Apas Alter do Chão e Juá que contribuam na efetiva conservação de ecossistemas lacustres relacionados.....	58
4.4	Considerações Finais.....	60
	Referências Bibliográficas.....	61
5	CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA DE DOIS LAGOS DE ÁGUAS CLARAS EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	66
	Resumo.....	67
5.1	Introdução.....	68
5.2	Material e Métodos.....	71
5.2.1	Área de estudo.....	71
5.2.2	Coleta e análise de dados.....	74
5.3	Resultados e Discussão.....	76
5.4	Considerações Finais.....	84
	Referências Bibliográficas.....	85
6	CAPÍTULO 4 - À BEIRA DO LAGO: UM OLHAR CONCEITUAL SOBRE OS LAGOS DE INUNDAÇÃO EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	90
	Resumo.....	91
6.1	Introdução.....	91

6.2	Desenvolvimento.....	94
6.2.1	A importância dos lagos de inundação na manutenção da pesca artesanal em Santarém, Pará.....	94
6.2.2	A influência das ações antrópicas e das mudanças do clima nas condições ambientais dos lagos de inundação em Santarém, Pará.....	98
6.3	Considerações Finais: desafios e perspectivas para o futuro.....	104
	Referências Bibliográficas.....	105
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

1 INTRODUÇÃO

No Brasil é possível evidenciar três grandes grupos de sistemas lacustres: os lagos do Pantanal Mato-grossense, onde encontram-se os corpos de água salobra; os lagos e lagunas costeiras, que estão distribuídos por todo o litoral brasileiro; e os lagos amazônicos, agrupados em lagos de várzea e de terra firme (APRILE et al., 2001).

Na Amazônia brasileira a maioria dos sistemas lacustres são de origem relacionadas à processos morfológicos fluviais, como os típicos lagos de áreas inundáveis controlados por planícies fluviais, com conexões lacustres temporárias ou permanentes (CARVALHO; MAIA; MORAIS, 2022). São ambientes interessantes, de curta durabilidade na escala geológica, e testemunhos dos processos que ocorrem atualmente e/ou que ocorreram no passado, surgindo e desaparecendo no decorrer do tempo (AMORIM et al., 2009; ESTEVES, 1988). São complexos, dinâmicos e instáveis, que estão em constante transformação seja por processos naturais ou antrópicos (KJERFVE, 1994).

Parte dessas alterações de origem antrópica vem como resultado de um processo histórico de uso e ocupação do solo de forma intensa e desordenada em toda Amazônia brasileira, principalmente a partir da década de 60, quando a urbanização das cidades amazônicas superou o índice anual de urbanização de todas as regiões do Brasil no mesmo período (PEREIRA, 2004).

A cidade de Santarém é um exemplo dessa urbanização, localiza-se na mesorregião do Baixo Amazonas, região Oeste do Pará, fazendo fronteira com os municípios de Óbidos, Alenquer e Monte Alegre ao norte; Rurópolis e Placas ao sul; Prainha e Uruará ao leste; Juruti e Aveiro a oeste, e ao centro com o município de Belterra (SILVA, 2021).

Santarém é um importante entreposto comercial diante de sua posição estratégica (SATHLER; MONTE-MOR; CARVALHO, 2009), servindo de mediação entre as pequenas cidades da região e as metrópoles regionais e extrarregionais, tal importância se projeta seja do ponto de vista da circulação aérea – o aeroporto de Santarém é o segundo maior em movimento de passageiros do Estado do Pará –, quanto do ponto de vista da circulação rodoviária (rodovia Cuiabá-Santarém articulada à Transamazônica) e fluvial (rio Amazonas e Tapajós) (TRINDADE JÚNIOR, 2011).

Nacionalmente, a cidade cumpre com um importante papel no fluxo de escoamento da produção de grãos da região central do Brasil, pois do porto, localizado às margens do rio Tapajós, a produção parte em direção aos grandes centros consumidores, como Estados Unidos e Europa (PEREIRA, 2004).

Segundo Pereira (2004), além da bacia hidrográfica formada pelo rio Tapajós, mais cinco bacias compõem o município, formadas pelos rios Amazonas, Arapiuns, Curuá-Una, Mojú e Mojuí. Estes rios os responsáveis pela navegabilidade, produção de pescado e, em parte, pela conexão da cidade com o conjunto da região.

No contexto, social, econômico e ambiental, os lagos periurbanos de Santarém, a citar entre tantos exemplos, os lagos Maicá, Mapiri, Juá, Tapari e Preto, desempenham um papel importante tanto do ponto de vista ecológico quanto socioeconômico, pois são essenciais para a manutenção da biodiversidade, regulam o clima local, fornecem recursos hídricos e pesqueiros e são fundamentais para as populações humanas que dependem deles para realização de atividades como pesca, turismo, recreação e lazer (CARDOSO et al., 2020a, 2021).

Entretanto, Santarém e outras cidades amazônicas têm passado por rápidos e sucessivos estágios de urbanização, onde o modelo de canalização e retificação de rios tem sido utilizado de modo intenso, sendo os principais causadores de degradação ambiental e socioeconômica (CUNHA, 2017).

A expansão da malha urbana do município, a ocupação irregular de áreas de proteção permanente (APP), como planícies fluviais e lacustres, a retirada de vegetação nativa e a falta de infraestrutura de saneamento, tornam os rios, igarapés e ecossistemas lacustres vulneráveis a uma rápida degradação ecológica (CARDOSO et al. 2021; COELHO et al., 2024; MONTE et al., 2021). A intensificação do escoamento superficial, por exemplo, acelera a dispersão de materiais orgânicos e inorgânicos, incluindo nutrientes, que em excesso degradam os recursos hídricos (SOUTO et al., 2019).

Assim, o paradoxo socioeconômico e socioambiental resulta em extensas e intensas alterações para atender demandas humanas, sobretudo, econômicas, camufladas em necessidades biológicas e sociais (CARDOSO et al., 2021). Estudos relacionados às influências antrópicas nas condições ambientais e na qualidade da água dos rios e lagos amazônicos são justificados pela forte relação socioeconômica entre a população e os recursos hídricos, sendo muito importante a manutenção das

funções ambientais, econômicas e sociais dos ecossistemas lacustres na região (CARDOSO et al. 2021; COELHO et al., 2024).

Nesta perspectiva e sabendo que muitos fatores naturais modificam os ecossistemas lacustres, mas que são as ações antrópicas as que mais podem gerar impactos, modificar a paisagem, alterar em quantidade e qualidade a disposição dos recursos naturais, e extinguir a biodiversidade local, este estudo visou avaliar as condições ambientais em dois lagos de inundação, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, e sujeitos a diferentes ações antrópicas, o lago Tapari e o lago Juá.

O lago Tapari mostra-se visivelmente mais íntegro, é utilizado para atividades recreativas, como banho e pesca, e suas regiões adjacentes permanecem relativamente conservadas. Por outro lado, o lago Juá enfrenta múltiplos impactos antrópicos, como desmatamento, assoreamento e erosão de áreas marginais. Adicionalmente, o lago Juá sofre com ocupações irregulares, empreendimentos imobiliários e habitacionais (CARDOSO et al., 2021; CORRÊA et al., 2018).

O estudo comparativo entre um ambiente mais degradado (lago Juá), e um menos degradado (lago Tapari), diretamente relacionados a duas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) impactadas pela combinação de crescimento urbano desordenado, especulação imobiliária, mercantilização do turismo e fragmentação das políticas públicas de ordenamento territorial, permitiu a reflexão que esses aspectos ambientais reduzem a eficácia das estratégias de conservação previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Serão apresentados a seguir a hipótese norteadora do estudo, os objetivos estabelecidos e a organização da Tese.

1.1 Hipótese norteadora

A hipótese norteadora deste estudo parte da premissa de que seja possível afirmar que atividades antrópicas que ocorrem no entorno de ecossistemas lacustres em Santarém, modificam suas condições ambientais, podendo degradar a qualidade da água e interferir na garantia de conservação de ecossistemas naturais que deveriam ser amparados e protegidos pelas Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Unidades de Conservação (UCs) relacionadas.

1.2 Objetivo geral

Avaliar as condições ambientais em dois lagos de inundação, localizados em área de expansão urbana do município de Santarém, e sujeitos a diferentes ações antrópicas, o lago Tapari e o lago Juá.

1.3 Objetivos específicos

- I. Compreender as dinâmicas econômicas e socioambientais que são estabelecidas em função dos ecossistemas lacustres, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, oeste do Estado do Pará;
- II. Estudar a relação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e a conservação de ecossistemas lacustres no município de Santarém, sob a ótica dos lagos de inundação Tapari e Juá relacionados às APAs de Alter do Chão e Juá, respectivamente;
- III. Analisar a concentração de nutrientes e a qualidade da água nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá em comparação aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005 para corpos de água, classe 2, por meio de variáveis físico-químicas e microbiológicas;
- IV. Produzir um ensaio visual sobre os ecossistemas lacustres estudados.

1.4 Organização da Tese

A Tese apresenta um quadro referencial sistematizado e holístico sobre ambientes lacustres, e colaboração para uma análise mais profunda da relação entre saúde ambiental, qualidade de vida e bem-estar humano, subsídio às políticas públicas e ao estabelecimento de ações de gestão sustentáveis e eficientes.

Os dados gerados contribuem no estímulo para adoção de medidas sustentáveis, implementação de políticas públicas e melhor gestão dos recursos naturais, hídricos e pesqueiros, que visem atender principalmente às necessidades das populações presentes e futuras em quantidade e qualidade. Afinal, pensar em

sustentabilidade atualmente exige o pensar de forma sistêmica, ter o entendimento de que natureza, sociedade e economia estão interligadas, e que a superação dos problemas ambientais e socioeconômicos está na construção de uma sociedade com responsabilidade social e gestão ambiental.

Para melhor elucidação dos resultados alcançados, a Tese foi organizada em quatro capítulos, seguindo o Guia para a Elaboração e Apresentação da Produção Acadêmica da Ufopa (2. edição):

Capítulo I - Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise a partir de três ecossistemas lacustres, em Santarém, Estado do Pará, que consistiu em: 1) compreender as dinâmicas econômicas e socioambientais que são estabelecidas em função dos ecossistemas lacustres em Santarém, Estado do Pará; 2) apontar os impactos que as atividades antrópicas causam em ecossistemas lacustres, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, haja vista os aspectos ecológicos e sociais que os envolvem; além de 3) discutir o papel desses ecossistemas na economia do município e a necessidade de políticas públicas que garantam a sustentabilidade desses ambientes. A escolha dos lagos abordados foi baseada na relevância econômica, territorial e pesqueira, assim como, o histórico de conflitos de interesses no município de Santarém.

Capítulo II - Relação de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e a conservação de ecossistemas lacustres em Santarém, Amazônia Oriental, que visou: 1) examinar o arcabouço normativo e institucional das APAs Alter do Chão e Juá, localizadas em áreas em expansão urbana no município de Santarém, no contexto do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC); 2) analisar o uso e ocupação do solo das APAs Alter do Chão e Juá e os impactos no entorno dos lagos Tapari e Juá, respectivamente; e 3) propor medidas específicas e exequíveis para a conservação de ecossistemas naturais e lacustres, integradas às políticas de gestão ambiental existentes.

Capítulo III - Influência das variáveis ambientais na qualidade da água de dois lagos de águas claras em Santarém, Amazônia brasileira, que teve por objetivos 1) analisar o efeito da variação temporal e espacial na concentração de nutrientes e qualidade da água nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá, por meio de variáveis físico-químicas e microbiológicas; 2) avaliar a adequação da qualidade da água em comparação aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005; e 3) acompanhar interferências ou não das

características limnológicas sobre os padrões de qualidade da água e discuti-los em relação a outros estudos realizados na região.

Capítulo IV - À beira do lago: um olhar conceitual sobre os lagos de inundação em Santarém, Amazônia brasileira, um ensaio visual que consistiu em 1) explorar a ecologia e o valor dos lagos de inundação no município de Santarém, localizado no oeste do Estado do Pará; 2) apresentar por meio de imagens a beleza cênica dos ecossistemas lacustres e os desafios frente às pressões antrópicas; e 3) destacar a necessidade de implementação de medidas de conservação de ecossistemas lacustres.

Nesse sentido, esta Tese aponta o papel dos lagos amazônicos na economia, na cultura, bem-estar social, e subsistência da população, enfatizando sua importância para o equilíbrio dos diferentes ecossistemas aquáticos da Amazônia, bem como, elucidando a necessidade de implementação de políticas públicas de conservação dos ecossistemas lacustres efetivas na região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Abordagem narrativa sobre ecossistemas lacustres e a relevância da produção científica na avaliação de suas condições ambientais no Brasil

A origem de ambientes lacustres naturais está associada à ocorrência de fenômenos de caráter geológico; são sistemas pouco conhecidos e correm o risco de ter seu funcionamento natural alterado mesmo antes de serem estudados em uma abordagem hidrogeomorfológica e limnológica (MORAIS et al., 2005).

Esses ambientes são suscetíveis a diversos impactos, existindo um maior potencial de acumulação de toxinas no sedimento, além de uma dependência da quantidade e qualidade das entradas de água dos rios e riachos (PEREIRA, 2011). Os originados por processos fluviais são os de maior representatividade em um país como o Brasil, que abrange uma enorme rede hidrográfica e onde estão localizadas quatro das dez maiores bacias fluviais do planeta (Amazonas, Negro, Madeira e Paraná) (MORAIS et al., 2005).

Alterações na qualidade hídrica de ecossistemas aquáticos podem ser causadas por processos predominantemente naturais ou antropogênicos (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008). Os ambientes aquáticos sofreram nos últimos anos diversas alterações de origem antrópica, que causaram impactos severos e interferências no meio ambiente (ARANTES et al., 2017, 2019).

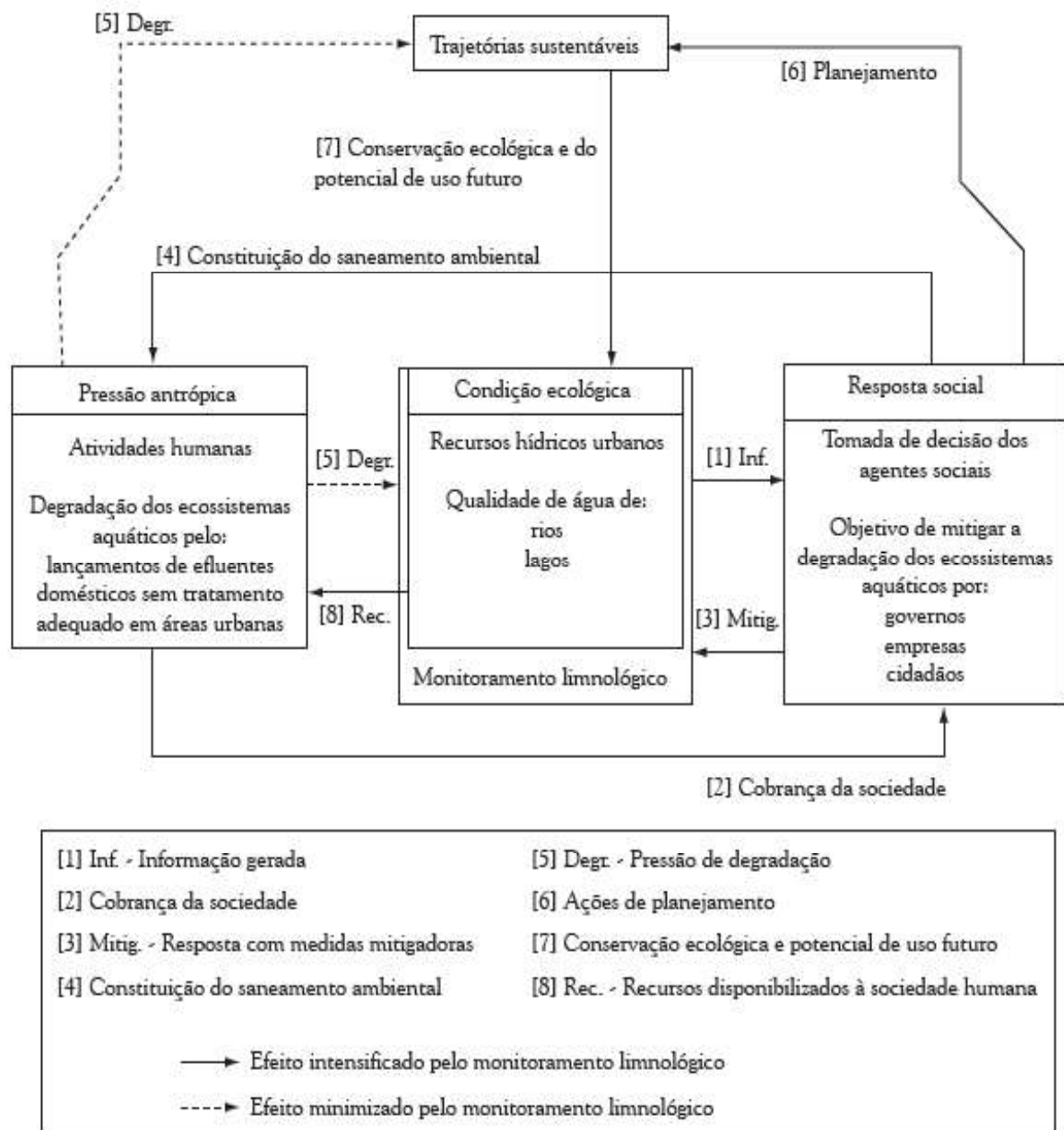
Apesar do crescente número de estudos sobre lagos no Brasil, eles ainda são um potencial viés de compreensão sobre a importância dos fatores ambientais e sua sensibilidade às mudanças no uso da terra (STAEHR et al., 2012).

Neste contexto, a informação sobre a condição ecológica e sanitária dos ecossistemas aquáticos é essencial para subsidiar ações tanto no tempo presente (gestão), quanto no futuro (planejamento) (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008). As pesquisas científicas contribuem para tornar as ações que visam a mitigação da degradação ecológica mais eficientes e viáveis economicamente, pois permitem a geração de informação, recurso-chave de administração na sociedade humana (HENDERSON, 2003).

Nesse aspecto, existe um modelo conceitual intitulado “Modelo Pressão-Condição-Resposta (PCR)”, proposto pela Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), em 1998, que propõe: Pressão (P), descrevendo a

degradação causada pelas atividades humanas sobre os recursos naturais; Condição (C), que avalia a qualidade e a quantidade dos recursos naturais; e Resposta (R), que mostra a extensão da resposta da sociedade, incluindo as reações individuais e coletivas. Ao modelo PCR foi inserido o monitoramento limnológico, tendo como foco central de análise a busca por trajetórias sustentáveis no uso de recursos hídricos urbanos (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008) (Figura 1).

Figura 1 – Modelo Pressão-Condição-Resposta que evidencia a importância do monitoramento limnológico à composição de trajetórias sustentáveis no uso dos recursos hídricos urbanos.



Fonte: MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008.

O modelo visa estruturar trabalhos sobre políticas ambientais e de informação, e elucidar a importância da implementação de ações sistêmicas que integrem as esferas social, ecológica e econômica, baseados, sobretudo, em variáveis limnológicas e na necessidade da participação dos atores sociais (sociedade civil, gestores públicos, agentes privados), para cobrança, monitoramento e conservação da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos, essenciais às atividades humanas (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008).

Quanto à produção científica e ao agir da coletividade, seja a sociedade ou o poder público, apesar da enorme quantidade de informações que subsidiam a implementação de programas de monitoramento ambiental, tais sistemas são escassos no Brasil e essa deficiência compromete a capacidade brasileira de informar seus cidadãos e cumprir acordos internacionais, principalmente quanto à eficácia de suas práticas de conservação e conciliação desses objetivos com os econômicos (MARTINS et al., 2022).

Nessa perspectiva, estudos científicos com uma abordagem pautada na comunidade e conhecimento tradicional mostram-se de grande importância, embora por vezes não valorizados, podem auxiliar na compreensão das relações do ser humano com a natureza, inclusive subsidiar políticas públicas de conservação e manejo de recursos, além de ser uma forma de reconhecimento do valor cultural, social e estratégico do mesmo (SOUSA; ZACARDI; VIEIRA, 2022).

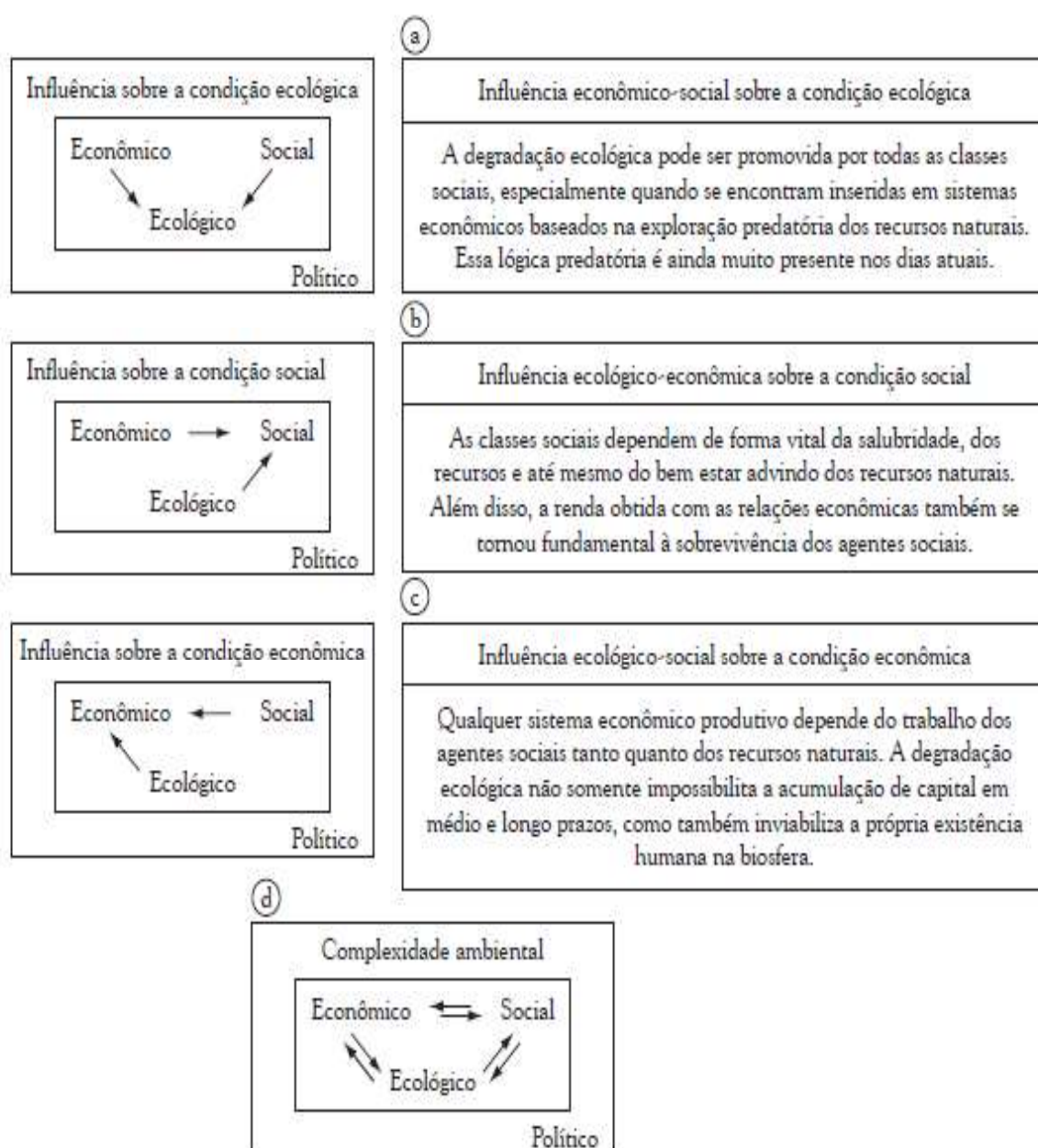
Estudos com abordagem socioambiental, por exemplo, permitem conhecer e compreender não somente a importância ecológica desses ecossistemas, mas também o valor socioeconômico, histórico e cultural para as populações e comunidades tradicionais locais, que desempenham um papel sistêmico na região amazônica, no país e no planeta (CARDOSO et al., 2021).

Na Amazônia, nota-se que a degradação dos ecossistemas aquáticos está ultrapassando a capacidade humana de monitorá-los efetivamente, por três principais razões: 1) Muitas mudanças são cumulativas e ocorrem gradualmente; 2) Existem muitos indicadores potenciais para serem avaliados de forma custo-efetiva; 3) Os cientistas não conseguiram vincular claramente os distúrbios antrópicos com indicadores ecológicos e econômicos, o que preocupa os tomadores de decisão e o público (MARTINS et al., 2022).

O papel técnico dos programas de monitoramento ambiental ao gerar informações e subsidiar o aprimoramento de metodologias é imprescindível e

insubstituível para a efetiva execução do planejamento e da gestão ambiental. A priorização da complexidade ambiental no âmbito do planejamento e da gestão é denominada de “trajetória sustentável”, ou seja, a busca por maior integração entre as indissociáveis e interdependentes dimensões preponderantes de atuação (a ecológica, a social e a econômica), considerando a necessidade de uma ampla mobilização e articulação política comprometida com o bem público (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008) (Figura 2).

Figura 2 – Interdependência das indissociáveis condições: **A.** Ecológica. **B.** Social e **C.** Econômica, a qual resulta em **D.** Complexidade Ambiental.



Fonte: MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008.

Por último, a dimensão política deve ser entendida como um eixo integrador entre o planejamento e a gestão, comprometidos com o interesse público, pois é a via que possibilita a tomada de decisão (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008).

2.2 Relevância ecológica, socioeconômica e cultural dos lagos de inundação no oeste paraense

As políticas de gestão existentes – incluindo a legislação nacional de recursos hídricos, esquemas comunitários de gestão de recursos naturais e a rede de áreas protegidas que agora simboliza o paradigma de conservação da Amazônia – não podem conter adequadamente a maioria dos impactos (CASTELLO et al. 2013).

Para Leal et al. (2020), as iniciativas de conservação concentram-se predominantemente na biodiversidade terrestre, e pouco se sabe sobre os co-benefícios das ações de conservação terrestre na água doce. Por exemplo, ao projetar reservas terrestres, é comum considerar as necessidades das espécies e sistemas de uma perspectiva terrestre, com a suposição de que quaisquer sistemas de água doce também se beneficiarão. De acordo com os autores, é preciso avançar em um planejamento integrado entre ecossistemas terrestres e aquáticos. Ações de conservação são urgentemente necessárias para melhorar o estado das espécies de água doce globalmente.

O Pará é o segundo maior estado do Brasil, com uma área aproximada de 1.250.000 km² e população estimada em 8,3 milhões de habitantes, possui hidrografia rica e extensa, com espaço territorial de aproximadamente 1,3 milhão de km², divididos em 20 bacias hidrográficas, sendo pelo menos 85% desta área pertencente à Bacia Hidrográfica Amazônica e o restante à Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. Os rios mais importantes são Amazonas, Tapajós, Tocantins, Xingu, Jari e Pará, constituindo um sistema considerado perene, com disponibilidade de água praticamente o ano todo (CIRILO; ALMEIDA, 2022).

O rio Tapajós é afluente da margem direita do rio Amazonas, e contribui para a manutenção de diversos ecossistemas amazônicos que englobam áreas com potencial para a exploração de recursos naturais (SILVA et al., 2018).

No entanto, o aumento populacional e o desenvolvimento de atividades produtivas na região têm gerado o aporte de contaminante na bacia de drenagem do

rio Tapajós (MIRANDA et al., 2009), fazendo com que ocorra uma maior motivação para realização de estudos relacionados a diversos fatores ambientais em ecossistemas de inundação da bacia do rio, sobretudo, em ambientes lênticos, como os lagos.

Os avanços em ferramentas tecnológicas possibilitaram nos últimos anos, o aumento da compreensão e monitoramento efetivo dos efeitos das atividades humanas. No entanto, o ritmo de destruição da natureza parece ultrapassar a capacidade de se obter informações *in situ* sobre a biodiversidade e, consequentemente, agir para deter os impactos (MARTINS et al., 2022). Isso reforça a necessidade da realização de estudos que auxiliem na elaboração de estratégias de recuperação, pautados em comprometimento coletivo, na pesquisa e implementação de ações técnicas.

Programas ou ações de monitoramento devem ser encarados como investimento vital às gerações futuras (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008), bem como, a implementação de políticas públicas que garantam a sustentabilidade desses ecossistemas (CARDOSO et al., 2020).

Cidades ribeirinhas têm fortes enraizamentos e ligações socioeconômicas e culturais com a escala geográfica local e regional; estes enraizamentos traduzem estreita relação com o rio, não simplesmente pela localização absoluta, mas por apresentarem uma interação funcional com esse elemento natural (TRINDADE JÚNIOR, 2010).

Localizada estrategicamente à margem direita do rio Tapajós, na confluência com o Amazonas, e em posição intermediária entre as metrópoles amazônicas Belém e Manaus, a cidade de Santarém acabou desenvolvendo uma série de atividades e funções com o rio (OLIVEIRA, 2011). Entre estas funções, destacam-se aquelas relacionadas ao lazer, ao turismo e a pesca artesanal, aspectos importantes a serem considerados uma vez que demonstram além da importância ecológica, o papel que os lagos assumem no município como fonte de recursos e serviços naturais, que vão desde água, alimento e lazer, até emprego e renda à uma parcela significativa da população local (SERRÃO et al., 2019; SOUSA; VIEIRA, 2022; ZACARDI; SARAIVA; VAZ, 2017).

Como consequência direta dos processos de uso e ocupação no entorno dos lagos, evidencia-se a relevância ecológica, histórica, cultural e socioeconômica desses ecossistemas a nível local e na região, assim como, reforça-se a fragilidade

dos ecossistemas naturais lacustres, que estão cada vez mais oprimidos, explorados e degradados pelas pressões antrópicas, por processos de expansão urbana e pelo uso e ocupação do solo sem planejamento (CARDOSO, 2018; CARDOSO et al., 2018, 2020a, 2020b, 2021; OLIVEIRA et al., 2022).

Nesse sentido, a avaliação das condições ambientais do rio e dos ecossistemas por ele inundados pode contribuir para o mapeando das perturbações, sejam elas provenientes de causas naturais e/ou antrópicas. Esses estudos são fundamentais, uma vez que expressam o estado de uso e conservação em uma bacia hidrográfica, ao passo que podem auxiliar na tomada de decisão sobre a manutenção do equilíbrio ecológico (BATALHA et al., 2014).

Também estão sendo amplamente difundidas pesquisas com indicadores que permitem avaliar as mudanças sazonais, pulso de inundação sensíveis às mudanças no uso da terra, assim como a qualidade ambiental, aspectos da história do lago, e mudanças dos corpos hídricos associadas à perturbação e poluição correlacionadas com a variabilidade natural (BRIGHENTI et al., 2015).

A produção científica sobre lagos na região Oeste do Pará e no país é crescente e de grande relevância, pois além de expor a fragilidade desses ecossistemas, revelam a interconectividade dos ecossistemas com setores da sociedade, como cultural, político e econômico. No entanto, os estudos em sua maioria apenas descrevem a degradação ambiental seja ela natural ou antrópica em lagos, e evidenciam a carência de estratégias regionais que contemplem o uso adequado dos recursos naturais, a melhoria da qualidade da bacia hidrográfica, estratégias de conservação do solo e de conservação da mata ciliar, e o tratamento de efluentes, para que a qualidade da água que atinge os corpos hídricos não cause perdas de diversidade (CARDOSO et al., 2024; RODRIGUES et al., 2015).

Contudo, a informação sobre a condição ecológica e sanitária dos ecossistemas aquáticos é essencial para subsidiar ações de gestão e planejamento. E essas ações exigem uma análise integrada entre as condições ecológicas, sociais e econômicas, visto que, o monitoramento limnológico quando isolado de políticas sociais mais amplas pouco se traduz em melhorias efetivas à sociedade (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008).

2.3 A influência das mudanças climáticas nas condições ambientais, ecossistemas naturais, e a necessidade de reflexão em tempos de COP 30

Segundo Santos (2024), as mudanças climáticas referem-se a alterações significativas e duradouras nos padrões climáticos globais, que ocorrem devido a fatores naturais e, principalmente, a atividades humanas.

As pressões antrópicas historicamente registradas, incluem desmatamento ciliar, urbanização desordenada, despejo de efluentes domésticos, turismo de massa não regulado, sobrepesca e modificação da conectividade hidrológica por infraestruturas viárias e portuárias, que constituem forças motrizes de degradação progressiva, cujos efeitos se amplificam em um cenário de mudanças do clima e de aquecimento global (BARRY; CHORLEY, 2013; CASTELLO; MACEDO, 2016; JUNK et al., 2014).

Nesse sentido, as discussões sobre mudanças climáticas, aquecimento global e sustentabilidade, colocaram a Amazônia no centro de interesses e debates internacionais com um viés pluridimensional, que incluem aspectos históricos, econômicos, antropológicos, ambientais, ecossistêmicos, sociais e geopolíticos (COSTA, 2024).

O ano de 2025 será oportuno para políticos, ambientalistas, cientistas, movimentos sociais e a imprensa do mundo debaterem o futuro do planeta, e como parte importante da discussão, certamente estará a problemática ambiental e o destino da Amazônia. Esse debate tende a aumentar com a realização da 30ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 30), também denominada Conferência das Partes, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), e prevista para ser realizada no mês de novembro de 2025, em Belém, capital do Estado do Pará (COSTA, 2024; VIEIRA; OLIVEIRA; GALVÃO, 2025).

Segundo Costa (2024), a realização do evento, em uma das mais importantes cidades da Amazônia, é revestida não apenas de um forte simbolismo, mas demonstra que a região está no centro dos interesses internacionais e do debate contemporâneo sobre mudanças climáticas e aquecimento global. No período que antecede ao evento é preciso estabelecer uma estratégia para o nivelamento das informações com a sociedade amazônica, de modo que ela compreenda a real dimensão da conferência e o seu contexto, assumindo assim, protagonismo.

Se a COP 30 for concebida como mais um evento climático sem a participação social e de povos originários, tradicionalmente e historicamente os reais protetores da natureza, Belém e os governantes estarão seguindo à risca o papel de ser apenas sede (VIEIRA; OLIVEIRA; GALVÃO, 2025).

Os amazônidas não podem ser confinados ao papel de meros espectadores e os privilegiados de sediarem o debate ambiental global. É preciso apoderar-se de informações que permitam a atuação dos amazônidas para a construção de uma trajetória que também lhes interessa (COSTA, 2024).

Nesse sentido, torna-se imperativo sensibilizar os atores sociais locais sobre as mudanças ambientais, incluindo nos ecossistemas aquáticos amazônicos, e seus impactos nas comunidades.

3 CAPÍTULO I

RECURSOS PESQUEIROS VISTOS COMO CAPITAL NATURAL CRÍTICO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE TRÊS ECOSISTEMAS LACUSTRES, EM SANTARÉM, ESTADO DO PARÁ¹

¹ Capítulo construído tendo como base a publicação: CARDOSO, M. C.; GUIMARÃES, J. L. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S. Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise a partir de três ecossistemas lacustres, em Santarém, Estado do Pará. In: MELO, S.; BRASILEIRO, T. S. A. B. (Orgs.). **Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia**, v. 2, Curitiba: CRV, 2020. ISBN:978-65-5868-861-7.

RECURSOS PESQUEIROS VISTOS COMO CAPITAL NATURAL CRÍTICO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE TRÊS ECOSISTEMAS LACUSTRES, EM SANTARÉM, ESTADO DO PARÁ

RESUMO: Este estudo apresenta resultados de pesquisa bibliográfica desenvolvida na perspectiva de: 1) compreender as dinâmicas econômicas e socioambientais que são estabelecidas em função dos ecossistemas lacustres em Santarém, Estado do Pará; 2) apontar os impactos que as atividades antrópicas causam em ecossistemas lacustres, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, haja vista os aspectos ecológicos e sociais que os envolvem; além de 3) discutir o papel desses ecossistemas na economia do município e a necessidade de políticas públicas que garantam a sustentabilidade desses ambientes. O estudo mostra que o uso exacerbado de ecossistemas lacustres limita seu desenvolvimento ecológico e socioeconômico, e a superexploração desses ambientes comprometem o fluxo dos recursos, bens e serviços ofertados por esses e outros ecossistemas aquáticos, o que pode levar a sua limitação ou ainda ao seu exaurimento. Assim, esses ambientes passam a ser vistos como capital natural crítico, o que pode resultar em insustentabilidade ambiental e socioeconômica local, indo na contramão do desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Amazônia. Ecossistemas Aquáticos. Capital Natural. Sustentabilidade.

ABSTRACT: This study presents the results of a bibliographical research developed with the aim of: 1) understanding the economic and socio-environmental dynamics that are established by lake ecosystems in Santarém, Pará State; 2) identifying the impacts that human activities cause in lake ecosystems located in urban expansion areas of the municipality of Santarém, given the ecological and social aspects that involve them; and 3) discussing the role of these ecosystems in the municipality's economy and the need for public policies that guarantee the sustainability of these environments. The study shows that the excessive use of lake ecosystems limits their ecological and socioeconomic development, and the overexploitation of these environments compromises the flow of resources, goods and services offered by these and other aquatic ecosystems, which can lead to their limitation or even their exhaustion. Thus, these environments come to be seen as critical natural capital, which can result in local environmental and socioeconomic unsustainability, going against sustainable development.

Keywords: Amazon. Aquatic Ecosystems. Natural Capital. Sustainability.

3.1 Introdução

A forma dos homens se organizarem e retirarem da natureza seus recursos e os transformarem em bens (e serviços), de modo a atender as suas necessidades e sobrevivência, é chamado de modo de produção. Assim, modo de produção envolve uma relação entre os homens e a natureza e também entre os próprios homens durante um processo produtivo.

Os ecossistemas aquáticos são ambientes importantes para a manutenção da vida no planeta, fornecem a sociedade desde água e alimentos até serviços ecossistêmicos complexos. Assim como, apresentam uma biodiversidade característica, como conjuntos de microrganismos, peixes e outras espécies aquáticas importantes para o equilíbrio ecológico da Terra. Plânctons, por exemplo, são a base da cadeia alimentar em lagos, rios, mares e oceanos.

Nesses ecossistemas também são desenvolvidas atividades que têm gerado impactos positivos e negativos, algumas com efeitos irreversíveis e insustentáveis muitas vezes, do ponto de vista ecológico e socioeconômico.

Como impacto negativo das atividades humanas, a degradação ambiental, por exemplo, tem levado a perda da biodiversidade e a limitação e/ou escassez de diversos recursos naturais existentes nos ecossistemas.

Entretanto, mesmo sabendo que o estilo de vida, os modos de consumo atuais e a exploração exacerbada dos recursos naturais são insustentáveis para a natureza e para o próprio homem, os mesmos continuam sendo reproduzidos ao longo de gerações.

Neste contexto, este artigo ressalta a relação do homem com a natureza e propõe discutir o capital natural e a economia ecológica como peças fundamentais para abordar de forma holística a ocupação dos ecossistemas aquáticos amazônicos, o uso de seus recursos naturais e a interconectividade existente entre os aspectos ecológicos e socioeconômicos essenciais a sustentabilidade desses ecossistemas, com ênfase nos ecossistemas lacustres. Haja vista que esses são fontes de recursos naturais, bens e serviços, vistos sob a ótica econômica como capital natural.

Para melhor compreensão das dinâmicas econômicas e socioambientais que são estabelecidas nesses ecossistemas, uma análise especial será realizada sobre três lagos, localizados no município de Santarém, Estado do Pará, a mencionar:

Lagos do Juá, Maicá e Mapiri, levando-se em consideração os aspectos ecológicos e sociais que os envolvem, além de discutir o papel dos mesmos na economia do município e a necessidade de políticas públicas que garantam a sustentabilidade desses ecossistemas.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Capital natural e economia ecológica

Costanza et al. (1997), afirmam que o termo “capital” designa os estoques de materiais ou informações existentes num determinado período, que geram fluxos de serviços que podem ser usados para transformar outros materiais ou sua configuração espacial, contribuindo para a melhoria do bem-estar humano. Nessa perspectiva, os ecossistemas naturais são fontes de recursos, bens e serviços, essenciais à manutenção da vida, que acabam por configura-se em capital sob o ponto de vista econômico da natureza.

Assim, o estoque de todos os recursos naturais em si mesmo (renováveis e não renováveis), e os outros elementos do meio ambiente: estrutura do solo e da atmosfera, a biomassa de plantas e animais, todos os recursos aquáticos etc., passa a ser definido como capital natural. Existe ainda, uma parte desse capital natural que tem papel importantíssimo e é extremamente necessário para sustentação da vida na Terra, que não pode ser substituída por elementos artificiais, produzidos pelo homem, como o clima global e a diversidade biológica (COSTANZA, 1994).

Essa definição, confere ao capital um caráter multidimensional, no qual dimensões ecológica, econômica e sociocultural estão relacionadas e interagem para a promoção do bem-estar humano (BERKES; FOLKE, 1994).

Grande é a diversidade de recursos naturais e consequentemente de bens e serviços que a natureza oferece ao homem. Esses fluxos de benefícios, obtidos pelo homem por meio das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do capital natural, têm sido chamados de serviços ecossistêmicos (Tabela 1), referindo-se aos benefícios tangíveis (alimentos e madeira, por exemplo), e intangíveis (beleza cênica e regulação do clima, por exemplo), assegurados pela natureza (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

Tabela 1 – Serviços ecossistêmicos segundo categorias.

Categorias	Serviços
Provisão (abastecimento)	Alimentos, água, madeira para combustível, fibras, bioquímicos, recursos genéticos.
Regulação	Regulação climática, regulação de doenças, regulação biológica, regulação e purificação de água, regulação de danos naturais, polinização.
Culturais	Ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, senso de localização, herança cultural.
Suporte	Formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, produção primária.

Fonte: MA, 2003 apud ANDRADE; ROMEIRO, 2009b.

Conforme a Tabela 1, é possível perceber que os serviços ecossistêmicos podem ser categorizados em: Serviços de Provisão, Serviços de Regulação, Serviços Culturais e Serviços de Suporte. Neste contexto, um dos estudos mais marcantes no nível global foi a estimativa do capital natural por meio da identificação de 12 tipos de ecossistemas e da valoração de 17 tipos de serviços ecológicos prestados por esses ecossistemas (COSTANZA et al., 1997).

Atualmente, diversos estudos estão sendo realizados para conhecimento dos recursos, bens e serviços garantidos por esses ecossistemas, atribuindo-lhes, entre outros, um valor, monetário inclusive, que deram base para a formulação da chamada “Economia dos Ecossistemas”.

A premissa básica de uma “Economia dos Ecossistemas” decorre da pré-visão analítica da Economia Ecológica de que o sistema econômico se encontra contido em um sistema maior que o sustenta, o capital natural global, o qual possui capacidade limite para suportar o sistema econômico (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b). Assim, esse tipo de economia tem como finalidade estudar as relações entre os ecossistemas, os serviços por ele prestados e suas relações como o bem-estar humano (ANDRADE; ROMEIRO, 2009a).

Além disso, parte-se do pressuposto de que o sistema socioeconômico está embutido no sistema ecológico global ou na biosfera, onde a biosfera pode ser considerada como ambiente externo com tamanho finito, impondo os limites naturais ao desenvolvimento socioeconômico (MIKHAILOVA, 2004). Em outras palavras, o crescimento do sistema econômico é limitado por fatores biofísicos e ecológicos, ao

passo que o sistema ecológico também é limitado por fatores econômicos. Nesse sentido, a Economia Ecológica objetiva, em uma perspectiva macroscópica, a promoção do desenvolvimento sustentável do planeta, pois parte do entendimento de que o uso exacerbado dos ecossistemas limita o desenvolvimento ecológico e socioeconômico do ambiente.

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, a “Economia dos Ecossistemas” tem como objeto o problema da degradação do capital natural, reconhecendo que a humanidade não deve prescindir do seu uso, mas que este deve ser feito de maneira eficiente, prudente e sustentável. A preocupação central está relacionada aos benefícios intangíveis (beleza cênica e regulação do clima, por exemplo) gerados pelo capital natural, uma vez que tais benefícios são insubstituíveis na prática (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

Assim, para garantir o desenvolvimento sustentável é necessário avaliar adequadamente o capital natural, e para não prejudicar as gerações futuras é preciso saber qual parte do estoque de capital natural já foi perdida como resultante da degradação ambiental, quanto temos disponível hoje, e quanto encontra-se ameaçado pela destruição irreversível para o futuro (MIKHAILOVA, 2004).

Vale ressaltar, portanto, a necessidade de realização de estudos sobre os ecossistemas e os serviços ecológicos por eles garantidos de forma sistêmica, isto é, onde sejam analisados, por exemplo, os aspectos ecológicos, sociais, econômicos, culturais e éticos, essenciais a conservação dos recursos naturais e manutenção da qualidade de vida das pessoas e do ambiente.

3.2.2 Abordagens econômicas sobre uso sustentável e eficiente do capital natural

Os sistemas naturais vêm sendo ameaçados pelas constantes intervenções humanas, gerando a necessidade de compreensão de como se dão as interconexões entre os sistemas econômico e natural, bem como os fatores que acarretam as mudanças no meio ambiente, a fim de se propor medidas para o uso sustentável e eficiente do capital natural (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

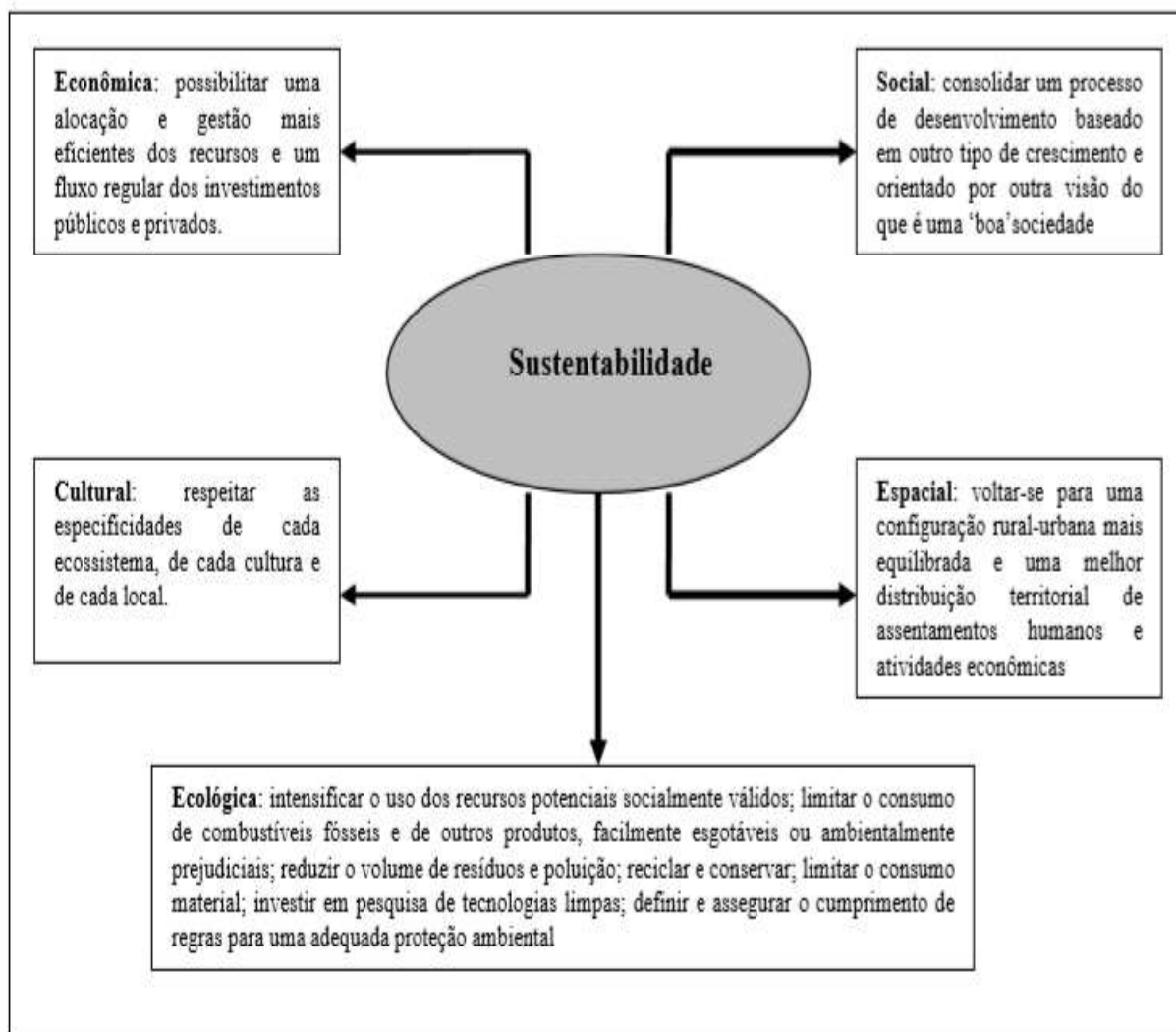
A Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), publicou em 1987, o relatório “Nosso Futuro Comum”, onde foi elaborado o seguinte conceito: “Desenvolvimento sustentável é aquele que busca atender as necessidades presentes sem

comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades” (CMMAD, 1987).

Com base nessa definição, o desenvolvimento sustentável teria três componentes indispensáveis, um tripé: a sustentabilidade econômica, a social e a ambiental, e todos esses componentes devem ser considerados e harmonizados, pois quando um deles não está presente, o desenvolvimento não é sustentável (GOLDEMBERG, 2015).

Por sua vez, Sachs (1993), afirma que é preciso planejar o desenvolvimento visando a sustentabilidade em cinco dimensões específicas: social, econômica, ecológica, espacial e cultural (Figura 3).

Figura 3 – As cinco dimensões da sustentabilidade.



Fonte: SACHS, 1993.

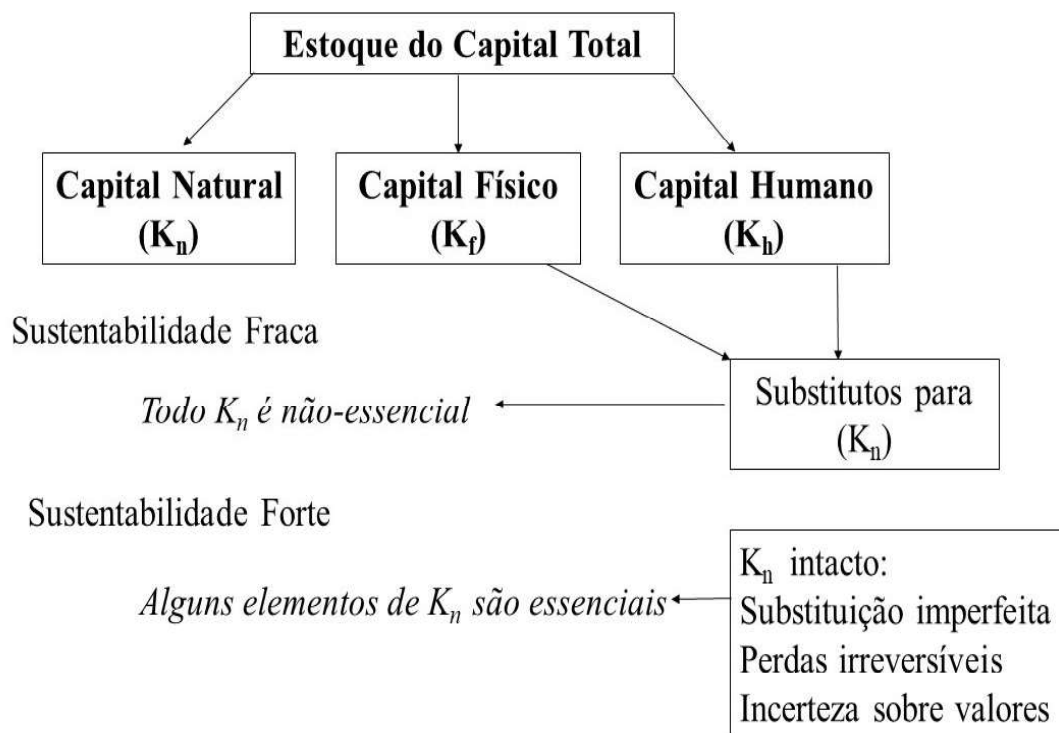
Em outras palavras, pensar em sustentabilidade é pensar de forma sistêmica, ter o entendimento que tudo está interligado (sociedade, economia, natureza), e que a superação dos problemas ambientais e socioeconômicos atuais, está na construção de uma sociedade mais sustentável, com responsabilidade social e gestão ambiental que possibilitem atender as necessidades presentes e futuras.

Nessa concepção, Mikhailova (2004) afirma que diversas interpretações do conceito de sustentabilidade foram elaboradas, de acordo com a área e os objetivos dos estudos desenvolvidos, o que levou à ampliação excessiva de seu significado. O conceito atual de desenvolvimento sustentável, que foi expresso na Cúpula Mundial em 2002, envolve a definição mais concreta do objetivo de desenvolvimento atual (a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes), e ao mesmo tempo distingue o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra).

Assim, verifica-se duas posições dominantes na abordagem do tema: a sustentabilidade fraca e a sustentabilidade forte, em que diferenças entre os dois princípios são atribuídas, principalmente, no que tange às possibilidades de substituição entre capital natural e manufaturado (DENARDIN; SULZBACH, 2003).

No que se refere as possibilidades de substituição dos diversos tipos de capital, há aqueles que advogam ser possível substituir capital natural por capital construído pelo homem, originando o conceito de “sustentabilidade fraca”; por outro lado, há os que afirmam que, alguns elementos do capital natural não são substituíveis por outras formas de capital, o que exige uma postura de manutenção do estoque do capital natural, essa postura é conhecida como “sustentabilidade forte” (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b) (Figura 4).

Figura 4 – Sustentabilidade Fraca versus Sustentabilidade Forte.



Fonte: Adaptado de BARBIER, 2003 apud ANDRADE; ROMEIRO, 2009b.

Para os adeptos a “sustentabilidade fraca”, o progresso tecnológico será sempre capaz de relativizar os eventuais obstáculos colocados pela escassez do capital natural ao crescimento econômico. Assim, uma sociedade será sustentável se a queda do capital natural for compensada com o aumento dos demais tipos de capital, mantendo desta forma, todo o estoque de capital do sistema econômico (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

Contrariando o princípio da “sustentabilidade fraca”, que reivindica a manutenção do estoque total de capital, a “sustentabilidade forte” não aceita a substituição quase perfeita do capital natural por manufaturado (DENARDIN; SULZBACH, 2003).

Portanto, tem-se que os dois tipos de capital (natural e construído pelo homem) são complementares e não substituíveis entre si (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

3.2.3 Ecossistemas aquáticos enquanto fontes de capital natural

Os ecossistemas são sistemas que englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não vivos em seus ambientes físicos e biológicos, nos quais o homem é parte integral (MA, 2003 apud ANDRADE; ROMEIRO, 2009a).

Considerando as ligações entre o bem-estar humano e os serviços prestados pelos ecossistemas, torna-se claro que qualquer ação que vise aumentar a qualidade de vida das populações e acelerar o processo de desenvolvimento deve reconhecer explicitamente a importância dos serviços prestados pelos ecossistemas para as condições de vida humana (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b).

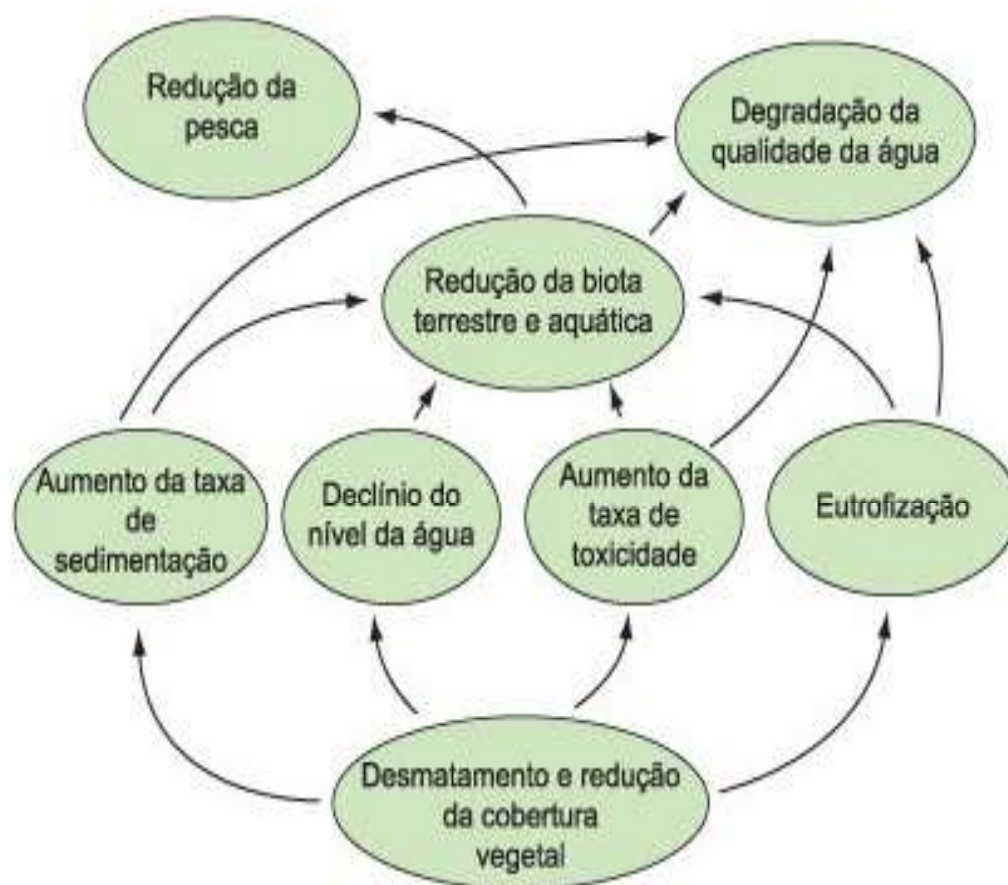
Os ecossistemas aquáticos como rios, lagos, represas artificiais tem um conjunto de serviços ambientais de altíssimo valor econômico e social, e a valoração destes serviços e sua diversidade e complexidade é um processo em andamento, tanto do ponto de vista científico como do ponto de vista econômico (TUNDISI; TUNDISI, 2010).

Nesta perspectiva, os ecossistemas aquáticos amazônicos apresentam-se biodiversos e distintos entre si, tornando o estudo desses ecossistemas ainda mais complexo, sobretudo porque ações antropogênicas (como desmatamento, lançamento de efluentes, exploração intensiva e extensiva dos recursos naturais, entre outras), têm intensificado a degradação desses ecossistemas, com baixa nos serviços ambientais em quantidade e qualidade.

O desmatamento, por exemplo, pode causar a deterioração dos serviços de abastecimento de água, perda de serviços de recreação, turismo, pesca, e com aumento da toxicidade e eutrofização, a perda da qualidade de água dos rios, lagos e represas (TUNDISI; TUNDISI, 2010) (Figura 5).

Assim, com o comprometimento do fluxo dos recursos, bens e serviços ofertados por esses e outros ecossistemas, os mesmos passam a ser vistos como capital natural crítico.

Figura 5 – Comprometimento dos serviços ambientais dos ecossistemas devido ao desmatamento.



Fonte: TUNDISI; TUNDISI, 2010.

3.2.4 Capital natural *versus* Capital natural crítico

Segundo Mikhailova (2004), uma das primeiras definições de capital natural foi apresentada por Darly (2003), como sendo o “estoque que permite o fluxo de recursos naturais”. Como exemplos tem-se as populações de peixes que permitem o fluxo de pescado, as florestas que possibilitam o fluxo de madeiras e o estoque de petróleo que permite o fluxo de óleo cru que é extraído. Este capital natural desperta grande interesse no que se refere a avaliação a sustentabilidade de ecossistemas no nível regional e local (MIKHAILOVA, 2004).

Nesse sentido, verifica-se a necessidade de conservação dos ecossistemas para manutenção do estoque e composição de seu capital natural. Haja vista que, o capital natural além de ser a base de todos os ecossistemas, é índice importante de desenvolvimento social, econômico e ambiental.

Para Mikhailova (2004), a sustentabilidade de um ecossistema se relaciona à quantidade do consumo que pode continuar indefinidamente sem degradar os estoques de capital total, que é representada pela soma de capital material, capital humano e capital natural. De todas as partes do capital total, somente o capital natural não pode ser reproduzido pelas gerações futuras, assim, o conceito da “sustentabilidade forte” implica manter o capital natural intacto.

A superexploração do capital natural tem comprometido a manutenção do mesmo e a sua capacidade de gerar serviços essenciais à manutenção e melhoria da qualidade de vida das pessoas e do ambiente. Assim, é crescente a limitação e/ou escassez do capital natural em diferentes ecossistemas, comprometendo a lógica do desenvolvimento sustentável e sua disponibilidade para as gerações futuras.

Portanto, ao serem consideradas as limitações quanto a substituição do capital natural, e conseqüentemente suas funções ambientais, pelo capital manufaturado, define-se o capital natural crítico, sendo este o conjunto de recursos ambientais que em determinada escala geográfica, executam importantes funções ambientais e para as quais não existem substitutos em termos de capital manufaturado, humano ou natural (O’CONNOR, 1999).

Economicamente, as abordagens conceituais da sustentabilidade do desenvolvimento assumem que existem limites inferiores para o estoque de capital natural necessário ao suporte da economia – tanto em termos da oferta de materiais e energia, quanto em termos da capacidade assimiladora do meio ambiente – e que certas categorias de capital natural crítico não podem ser substituídas por outras formas de capital manufaturado (LIMA, 1999).

Além da criticidade (não-substitutibilidade) de alguns ou de todos os componentes do capital natural, existem outras razões para que seu estoque seja mantido, total ou parcialmente, entre elas estão, a incerteza quanto ao funcionamento e o valor total do ecossistema, e a irreversibilidades de certas perdas ou degradações ambientais (LIMA, 1999).

Assim, novos desafios teóricos e metodológicos são impostos pela degradação do capital natural e pela perda de sua capacidade suporte às atividades humanas (ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

3.2.5 Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise dos lagos Juá, Maicá e Mapiri, em Santarém, Estado do Pará

A natureza é essencial à manutenção da vida no planeta, não sendo apenas um ambiente natural ou meramente fonte de recursos para as atividades humanas, mas também por apresentar um valor intrínseco que vai além dos aspectos econômicos e socioambientais.

Portanto, é preciso conhecer de que forma os fenômenos antrópicos, como o crescimento econômico e o crescimento populacional, afetam a capacidade dos ecossistemas gerarem serviços essenciais à vida no planeta (ANDRADE; ROMEIRO, 2009a).

Diante disto, destaca-se também a importância dos ecossistemas aquáticos continentais amazônicos e da sua conservação, dada a relevância ecológica, econômica e sociocultural desses ecossistemas.

Para Giller (2005), ambientes de água doce funcionalmente intactos e biologicamente complexos podem prover serviços únicos e imprescindíveis para a sociedade, tais como abastecimento de água potável, produtos ou alimentos; suprimento de água limpa; e serviços culturais, como estéticos ou recreacionais.

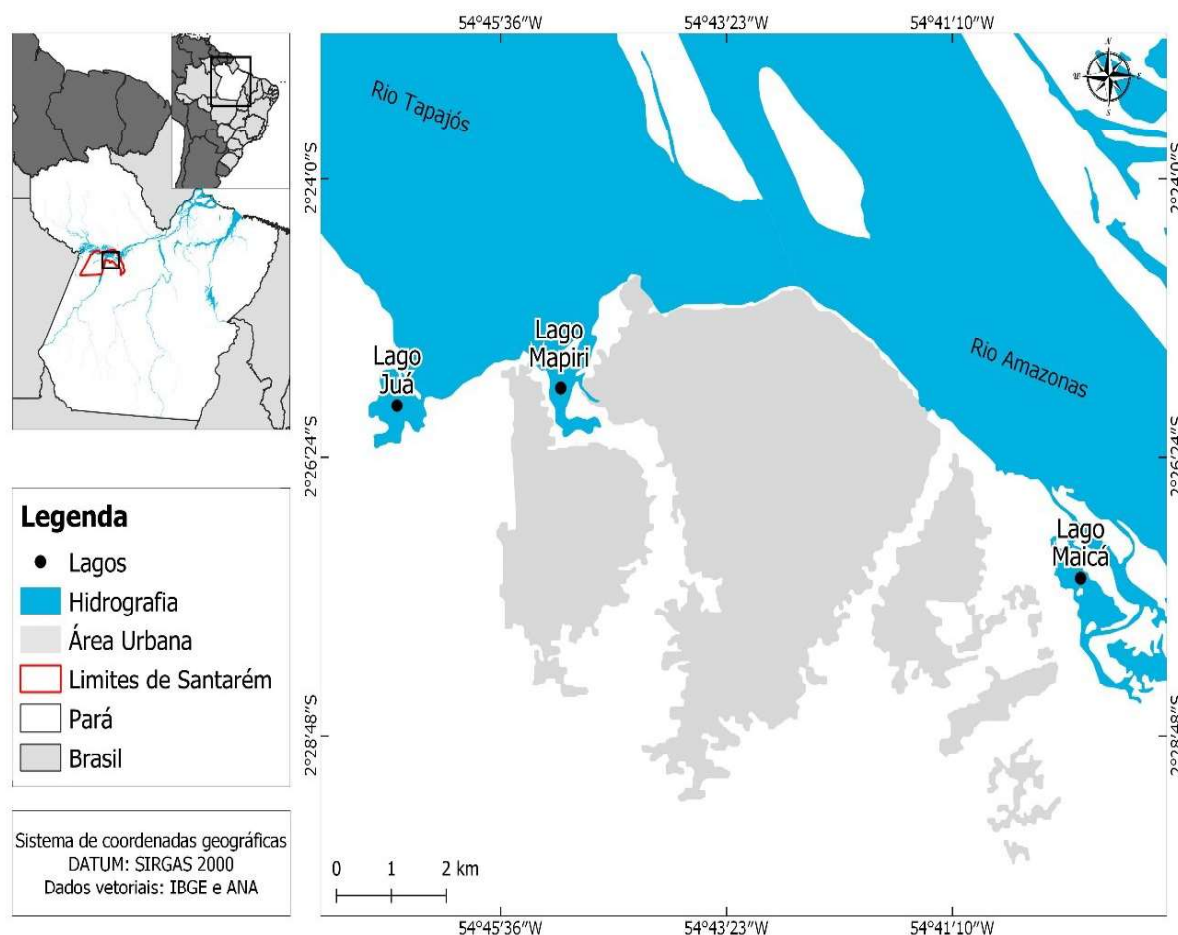
Na região amazônica as cidades têm relação direta com esses ecossistemas, muitas vezes sendo localizadas às margens de rios, a citar o município de Santarém, localizado no Estado do Pará, que está em confluência com os rios Amazonas e Tapajós.

Segundo Trindade Júnior (2010), as cidades ribeirinhas têm fortes ligações socioeconômicas e culturais com a escala geográfica local e regional; enraizamentos estes que traduzem estreita relação com o rio, não simplesmente pela localização, mas, e principalmente, por apresentarem uma interação funcional com esse elemento natural.

O crescimento demográfico e econômico do município de Santarém foi orientando para ocupação das adjacências de ecossistemas aquáticos, como os lagos, a mencionar os Lagos Juá, Maicá e Mapiri (Figura 6).

As pressões antrópicas pela ocupação do entorno dos lagos contribuem para um cenário de degradação ambiental, com comprometimento do capital natural desses ecossistemas para as presentes e futuras gerações.

Figura 6 – Mapa do município de Santarém, Pará com localização dos Lagos Juá, Maicá e Mapiri.



Fonte: CARDOSO, 2019.

Os lagos assumem no município uma importante fonte de recursos e serviços naturais, que vão desde água, alimento e lazer até fonte de renda. Os recursos pesqueiros, por exemplo, configuram-se uma importante fonte de proteína animal e geram emprego a uma parcela significativa da população urbana local.

No entanto, a ocupação crescente e desordenada das adjacências dos referidos lagos tem levado a poluição dos corpos hídricos, e essa contaminação da água não limita só a água em quantidade e qualidade, como também gera perda da biodiversidade terrestre e aquática, principalmente peixes, ocasionando déficit de estoques pesqueiros na região.

Em pesquisa realizada com pescadores artesanais do Lago do Juá, evidenciou-se que o pescado vem diminuindo e inúmeros são os fatores atribuídos a essa diminuição: aumento da captura por clandestinos “pescadores de fora” (que provocam a competição por espaço), a pesca ilegal durante o período de defeso, a

falta de fiscalização da atividade pelos órgãos competentes, a poluição das águas, o desmatamento do entorno do lago devido à expansão da ocupação urbana e a instalação de empreendimentos imobiliários no entorno do lago (CORRÊA et al., 2018).

Processos de degradação também tem ocorrido no Lago do Mapiri, oriundos da poluição e pressão da urbanização, como desmatamento e queimadas da vegetação nativa das margens do lago, presença de lixo inorgânico, despejo de esgoto sanitário, assoreamento entre outros, causando inúmeros impactos negativos na região (ZACARDI; SARAIVA; VAZ, 2017).

No Lago do Maicá, pescadores que possuem esta atividade tradicional como exclusiva fonte de renda acreditam que pesca já esteja sofrendo impactos em virtude do declínio dos recursos pesqueiros ao longo do lago, levando-os a ter outras atividades profissionais que não seja a de pescador, efetuadas principalmente durante a entressafra (VAZ et al., 2017).

Em vista disso, a sociedade em geral deveria repensar o tratamento dispensado ao seu patrimônio natural e, de modo especial, cientistas deveriam se esforçar no sentido de adequarem seus esquemas analíticos às novas demandas colocadas pela questão ambiental (ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

Análises de impactos ambientais oriundos de ações antropogênicas, muitas vezes ocorrem de forma superficial, não holística, assim, os impactos não são identificados e avaliados corretamente, principalmente para adoção de políticas públicas que mitiguem os efeitos adversos e negativos sobre os ecossistemas.

Esses impactos não ocorrem de maneira isolada e afetam o funcionamento dos sistemas (ecológico, econômico, social) de forma integrada. A degradação dos ecossistemas limita o capital natural do planeta, indispensável à vida.

Assim, o primeiro passo em direção a adoção de políticas para gestão sustentável dos ecossistemas deve ser o de ampliar o conhecimento humano sobre a dinâmica ecológica e as complexidades que envolvem os ecossistemas (BENNET; PETERSON; LEVITT, 2005 apud ANDRADE; ROMEIRO, 2009a).

Os ecossistemas aquáticos apresentam diferentes graus de suscetibilidade, os lagos, por exemplo, mostram-se suscetíveis a diversos impactos, comprometendo diversos serviços ecológicos como o acesso a água em quantidade e qualidade, perda da biodiversidade (flora e fauna), degradação das belezas cênicas, e limitação dos serviços da oferta de recursos para sua principal atividade econômica, a pesca.

A crescente escassez relativa do capital natural alude à necessidade de adoção de políticas que incentivem a sua conservação (ANDRADE; ROMEIRO, 2009b), como políticas econômicas voltadas à proteção do capital natural que levam em conta não apenas princípios de eficácia e eficiência, mas critérios éticos de equidade, justiça e legitimidade (ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

Neste contexto, é impossível avaliar o capital natural sem considerar sua relação com os aspectos ecológicos, econômicos, socioculturais e éticos que os envolvem, e para que ocorra a sustentabilidade efetivamente, é necessário que o sistema socioeconômico valorize a natureza e os serviços por ela prestados, não apenas atribuindo um valor monetário, mas contribuindo para manutenção dos ecossistemas em diferentes esferas e escalas.

3.3 Considerações Finais

Ao longo do tempo, a natureza tem emitido respostas aos excessos causados pela ação antrópica, levando a sociedade atual a repensar suas ações quanto ao uso dos recursos naturais (hídricos, pesqueiros, florestais, minerais, entre outros), bens e serviços, que se configuram em capital natural e que são essenciais à manutenção da vida de todos os seres vivos.

A superexploração desse capital pode levar a sua limitação ou ainda ao seu esgotamento, constituindo-se em capital natural crítico, gerando insustentabilidade ambiental e socioeconômica e, conseqüentemente, sendo contramão ao desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a alteração de ecossistemas lacustres amazônicos pode resultar em impactos diretos e de difícil mensuração, nos sistemas ecológicos e socioeconômicos locais e da região, sendo imprescindível a realização de estudos que analisam de forma sistêmica esses ambientes naturais, que estão cada vez mais vulneráveis às pressões sociais e econômicas.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 155, 2009a.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital Natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 159, 2009b.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação Ambiental e Teoria Econômica: algumas reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”. **Economia**, v. 12, n. 1, p. 3-26, 2011.

BARBIER, E. B. The role of natural resources in economic development. **Australia's Economy in its International Context: the Joseph Fisher Lectures**, v. 2, p. 487-516, 2003. apud ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital Natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 159, 2009b.

BENNET, E. M.; PETERSON, G. D.; LEVITT, E. A. Looking to the future of ecosystem services. **Ecosystems**, v. 8, n. 2, p. 125-132, 2005. apud ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 155, 2009a.

BERKES, F.; FOLKE, C. Investing in cultural capital for sustainable use of natural capital. In: JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R. **Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability**. Washington, DC: Island Press, 1994. p. 22-37.

CMMAD – Comissão Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. ed. **Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso Futuro Comum**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

CORRÊA, J. M. S.; ROCHA, M. dos S.; SANTOS, A. A. dos; SERRÃO, E. de M.; ZACARDI, D. M. Caracterização da pesca artesanal no Lago do Juá, Santarém, Pará. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, p. 61-74, 2018.

COSTANZA R. Economia Ecológica: uma agenda de pesquisa. In: MAY, P. H.; MOTTA, R. S. da (Org.). **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

DENARDIN, V. F.; SULZBACH, M. T. Abordagens econômicas sobre o meio ambiente e suas implicações quanto aos usos dos recursos naturais. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 11, n. 21, 2003.

GILLER, P. S. River restoration: seeking ecological standards. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 201-207, 2005.

GOLDEMBERG, J. Energia e Sustentabilidade. **Revista Cultura e Extensão USP**, n. 14, p. 33-43, 2015.

LIMA, G. T. Naturalizando o capital, capitalizando a natureza: o conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 74, 1999.

MA – MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment**. Washington, Covelo, London: Island Press, 2003, 245 p. apud ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 155, 2009a.

MA – MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment**. Washington, Covelo, London: Island Press, 2003, 245 p. apud ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital Natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. **Texto para Discussão**, Instituto de Economia da UNICAMP, n. 159, 2009b.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004.

O'CONNOR, M. **Natural capital**. Cambridge: Cambridge Research for the Environment, 1999. 22 p.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1993.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. C. Cidades na floresta: os “grandes objetos” como expressões do meio técnico-científico informacional no espaço amazônico. **Revista IEB**, n. 50, p. 13-138, 2010.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.

VAZ, E. de M.; RABELO, Y. G. S.; CORRÊA, J. M. S.; ZACARDI, D. M. A pesca artesanal no lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. **Biota Amazônica**, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

ZACARDI, D. M.; SARAIVA, M. L.; VAZ, E. de M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do Rio Tapajós, Santarém, Pará. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.

4 CAPÍTULO II

RELAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APAS) E A CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS LACUSTRES EM SANTARÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL²

² O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

RELAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APAS) E A CONSERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS LACUSTRES EM SANTARÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: Na perspectiva de enriquecer a discussão acerca da criação e implementação de Unidades de Conservação (UCs) de uso sustentável em áreas urbanas e em expansão, e estudar a relação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e a conservação de ecossistemas lacustres no município de Santarém, Pará, este estudo teve por objetivos: 1) examinar o arcabouço normativo e institucional das APAs Alter do Chão e Juá, localizadas em áreas em expansão urbana no município de Santarém, no contexto do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC); 2) analisar o uso e ocupação do solo das APAs Alter do Chão e Juá e os impactos no entorno dos lagos Tapari e Juá, respectivamente; e 3) propor medidas específicas e exequíveis para a conservação de ecossistemas naturais e lacustres, integradas às políticas de gestão ambiental existentes. Por meio de pesquisa bibliográfica e documental, através da descrição da criação e implementação das APAs, e qualitativa, mediante a análise de dados cartográficos, abordou-se a problemática socioambiental que envolve as APAS e os referidos lagos. A análise dos dados aponta que as pressões antrópicas no espaço interno e entorno aos lagos, devem-se a expansão urbana, especulação imobiliária, exercício de atividades produtivas como pesca, turismo e lazer, e que a delimitação geográfica, a gestão e a fiscalização das APAs são insipientes e não cumprem a função jurídica e ambiental a qual foram propostas. Como a origem das pressões são distintas e a forma como elas atuam são complexas, recomenda-se uma atuação governamental mais intensa e sistêmica. Diante do cenário estudado, a estruturação de corredores ecológicos emerge como uma estratégia essencial para mitigar os impactos da fragmentação, garantindo a conectividade funcional entre as Unidades de Conservação (UCs) e promovendo a resiliência ambiental na região. A ausência de conectividade ecológica pode tornar as UCs isoladas e ineficazes para a conservação dos habitats naturais, uma vez que a diversidade genética e os processos ecológicos dependem da interação entre diferentes fragmentos florestais. A criação de um corredor ecológico na área urbana de Santarém, conectando as APAs Alter do Chão, Saubal e Juá, além de favorecer a dispersão de espécies e a manutenção da diversidade genética, pode desempenhar um papel essencial na regulação microclimática, no controle da erosão e na proteção das nascentes que abastecem a cidade.

Palavras-Chave: Gestão de Áreas Protegidas. Alteração da Paisagem. Educação Ambiental.

ABSTRACT: In order to enrich the discussion about the creation and implementation of Conservation Units (CUs) for sustainable use in urban and expanding areas, and to study the relationship between Environmental Protection Areas (EPAs) and the conservation of lake ecosystems in the municipality of Santarém, Pará, this study aimed to: 1) examine the normative and institutional framework of the Alter do Chão and Juá EPAs, located in areas undergoing urban expansion in the municipality of Santarém, in the context of the National System of Conservation Units (NSCU); 2) analyze the land use and occupation of the Alter do Chão and Juá EPAs and the

impacts on the surroundings of Lakes Tapari and Juá, respectively; and 3) propose specific and feasible measures for the conservation of natural and lake ecosystems, integrated with existing environmental management policies. Through bibliographic and documentary research, through the description of the creation and implementation of EPAs, and qualitative research, through the analysis of cartographic data, the socio-environmental problems involving EPAs and the aforementioned lakes were addressed. The analysis of the data indicates that the anthropic pressures in the space inside and around the lakes are due to urban expansion, real estate speculation, and the exercise of productive activities such as fishing, tourism and leisure, and that the geographic delimitation, management and inspection of EPAs are incipient and do not fulfill the legal and environmental function for which they were proposed. Since the origin of the pressures are distinct and the way they act is complex, more intense and systemic government action is recommended. Given the scenario studied, the structuring of ecological corridors emerges as an essential strategy to mitigate the impacts of fragmentation, ensuring functional connectivity between Conservation Units (CUs) and promoting environmental resilience in the region. The lack of ecological connectivity can make protected areas isolated and ineffective for the conservation of natural habitats, since genetic diversity and ecological processes depend on the interaction between different forest fragments. The creation of an ecological corridor in the urban area of Santarém, connecting the Alter do Chão, Saubal and Juá EPAs, in addition to favoring the dispersion of species and the maintenance of genetic diversity, can play an essential role in microclimate regulation, erosion control and the protection of the springs that supply the city.

Keywords: Management of Protected Areas. Landscape Change. Environmental Education.

4.1 Introdução

Os ecossistemas lacustres, assim como outros ecossistemas naturais, são regidos por um amplo e complexo arcabouço legal que, apesar de existir, não garante que esses espaços sejam efetivamente protegidos (FIRMINO; BULHÕES, 2021).

O Código Florestal Brasileiro de 1965, a exemplo, já estabelecia que a vegetação nativa nas margens dos rios e lagos, definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), deveriam ser conservadas, e mesmo com alterações, o Novo Código Florestal de 2012, essa premissa se manteve (BRASIL, 1965, 2012).

Segundo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em APP a faixa mínima a ser mantida para proteger a vegetação considerada de preservação permanente é

de 30 m para rios com até 10 m de largura, aumentando proporcionalmente de acordo com a largura do rio. A lei proíbe a supressão total e parcial das florestas, no entanto, essa medida é visivelmente violada nas cidades brasileiras (BRASIL, 2012a).

Na Amazônia, as APPs vêm sendo ocupadas com atividades econômicas de alto impacto ambiental que levam à supressão de vegetação, desrespeitando o regime legal desse tipo de área protegida (ALMEIDA; VIEIRA, 2014). Embora desempenhem um papel fundamental na manutenção dos principais fatores que regulam os processos hidrológicos e de conservação biológica, as APPs estão cada vez mais degradadas.

Nesse sentido, a criação das Unidades de Conservação (UCs), em todo mundo, tem sido uma alternativa para proteção de mananciais e ecossistemas aquáticos, priorizando-se áreas que protejam os recursos hídricos além da biodiversidade, atribuindo-se valor máximo às áreas que protegem nascentes e cursos d'água, seguidas daquelas que protegem apenas margens e, com menor valor, áreas que não possuem qualquer corpo d'água dentro de seus limites (DURIGAN et al., 2006).

As áreas protegidas, chamadas no Brasil de UCs, objetivam a conservação e manutenção da diversidade biológica, dos recursos naturais e culturais, através de instrumentos legais ou outros meios institucionais específicos (BRASIL, 2000). A criação e gestão desses espaços é responsabilidade do poder público, que deve regulamentar e efetivar a implementação (BRITO, 2003).

Entre as UCs de Uso Sustentável estão as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), criadas pela Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, tendo sua definição e objetivos estabelecidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), como sendo uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos e bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 1981a, 2000).

Conforme Côrte (1996), as APAs são instituídas, em um primeiro plano, com o objetivo de conciliar o desenvolvimento de atividades humanas com a conservação de recursos naturais, e de maneira secundária, elas visam proteger componentes

essenciais dos ecossistemas, como o solo, o subsolo, a cobertura vegetal e a fauna local, além de desempenharem um papel essencial na melhoria da qualidade dos recursos hídricos, na recuperação de áreas degradadas, na melhoria da qualidade de vida da população local e também na proteção dos ecossistemas regionais (COSTA; SILVA, 2012).

Entre os instrumentos para a gestão das UCs previstos no SNUC encontram-se o Plano de Manejo e o Conselho Gestor. Embora a maior parte das UCs brasileiras, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, ainda não possui Plano de Manejo (BRASIL, 2019).

Vale ressaltar que um dos instrumentos essenciais na gestão das APAs é o controle social, o qual é implementado por meio da formação de um Conselho Gestor, que deve ser composto por representantes de entidades públicas, organizações da sociedade civil e da população local, em conformidade com os regulamentos específicos da unidade de conservação. Esse processo visa garantir a participação ativa e a deliberação coletiva na tomada de decisões, promovendo a transparência, a equidade e a integração das diversas perspectivas envolvidas na gestão ambiental. Dessa forma, o controle social contribui para a eficácia da gestão da APA, alinhando os interesses comunitários e a conservação ambiental (COELHO et al., 2020).

De acordo com Viana e Ganem (2005), as APAs são frequentemente vistas como unidades mais fáceis de serem criadas, devido à flexibilidade na definição de seus limites e objetivos. No entanto, essa facilidade de criação contrasta com a complexidade na sua gestão efetiva, o que pode comprometer a sua funcionalidade enquanto instrumentos de conservação ambiental. A falta de uma gestão robusta e contínua é um desafio significativo, pois muitas dessas áreas acabam sendo negligenciadas e desprovidas de uma estrutura administrativa e fiscalizatória adequada.

No contexto da sustentabilidade urbana, as APAs desempenham um papel fundamental como zonas de transição entre os ambientes natural e urbano. O processo de criação e gestão desses territórios representa um fenômeno de grande complexidade na atualidade, envolvendo não apenas aspectos associados à conservação de atributos naturais, mas também, aspectos socioculturais, políticos e econômicos (SANCHO; DEUS, 2015).

Essas áreas podem oferecer uma série de benefícios ecossistêmicos e sociais, como o controle do crescimento urbano desordenado, a mitigação da ocupação de áreas de risco, a proteção de ecossistemas frágeis que contribuem para a manutenção da biodiversidade e a oferta de espaços para lazer, educação ambiental e bem-estar da população. No entanto, a criação das APAs deve estar alinhada a adoção de práticas de proteção à natureza que contribuam efetivamente para o uso sustentável, assegurando a utilização e conservação dos recursos naturais, caso contrário a garantia de sustentabilidade da APA será apenas utopia.

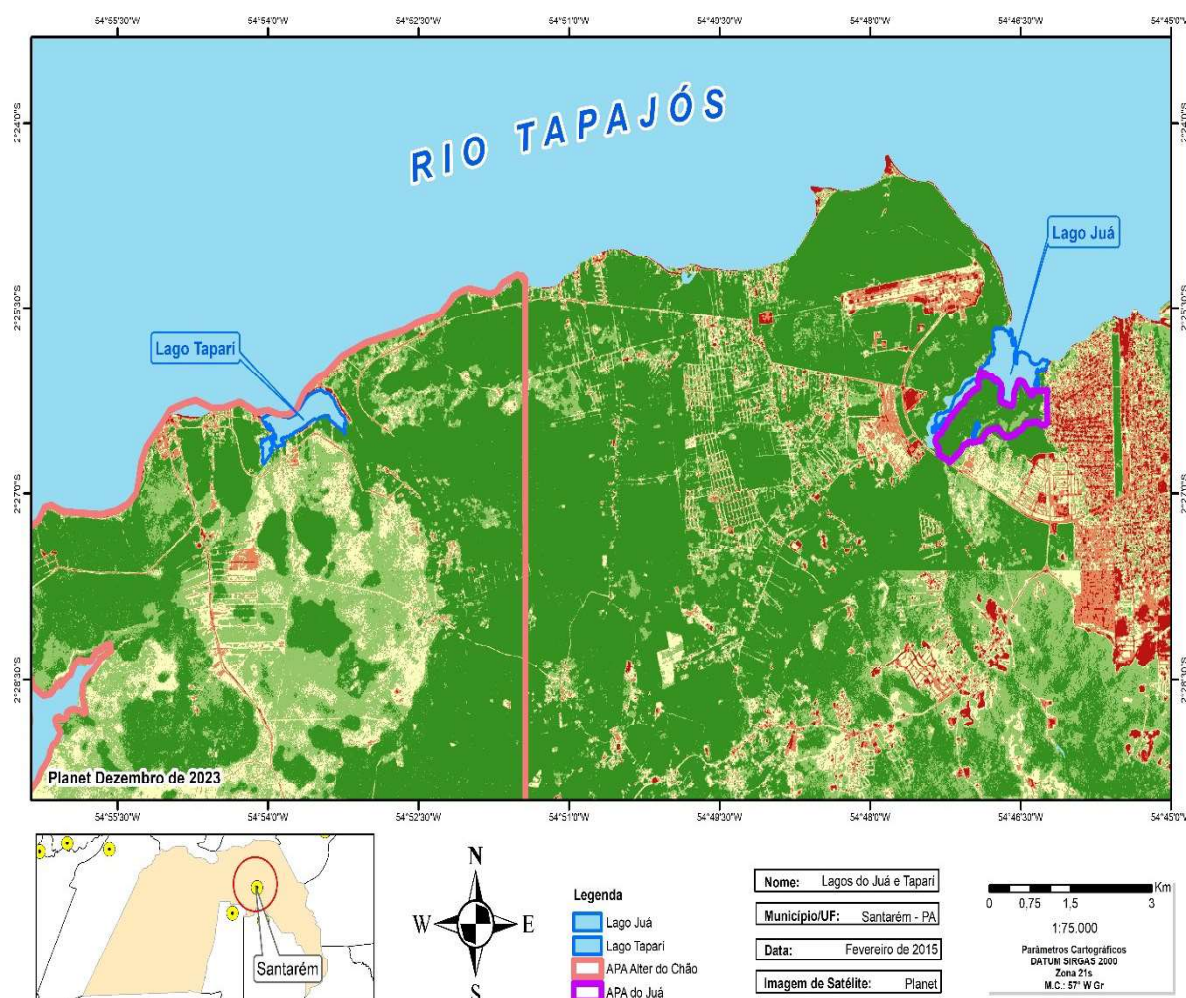
Assim, na perspectiva de enriquecer a discussão acerca da criação e implementação de UCs de uso sustentável em áreas urbanas e em expansão, e estudar a relação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e a conservação de ecossistemas lacustres no município de Santarém. Este estudo teve por objetivos: 1) examinar o arcabouço normativo e institucional das APAs Alter do Chão e Juá, localizadas em áreas em expansão urbana no município de Santarém, no contexto do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC); 2) analisar o uso e ocupação do solo das APAs Alter do Chão e Juá e os impactos no entorno dos lagos Tapari e Juá, respectivamente; e 3) propor medidas específicas e exequíveis para a conservação de ecossistemas naturais e lacustres, integradas às políticas de gestão ambiental existentes.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado no município de Santarém, na região oeste do Estado do Pará, no lago Juá, situado em limite à APA Juá e no lago Tapari, localizado na APA Alter do Chão (Figura 7).

Figura 7 – Mapa área em estudo com localização dos lagos Tapari e Juá em referência às APAs Alter do Chão e Juá, município de Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.

Para abordagem da problemática socioambiental que envolve as APAS e os referidos lagos, a pesquisa apresenta dados bibliográficos e documentais ao descrever a criação e implementação das APAs, e dados qualitativos mediante análise cartográfica.

4.2.2 Utilização do NDVI

Foram gerados mapas temáticos de uso e cobertura do solo entorno dos lagos Tapari e Juá para analisar as áreas das APAs e dos referidos lagos, sendo utilizado o Software ArcGIS na versão 10.8.2 para confeccionar o mapa de

localização e o Software QGIS na versão 3.40.4 para confeccionar os mapas de NDVI.

Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite Sentinel-2 dos anos de 2017, 2020 e 2023 com recortes específicos das áreas de interesse lagos Juá e Tapari. A partir da obtenção das imagens de satélite, foi calculado o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), proposto por Rouse e colaboradores, e obtido por meio da razão entre a diferença e a soma das reflectâncias no infravermelho próximo e no vermelho (ROUSE et al., 1973). Com essas informações foi possível calcular a taxa de aumento da área antropizada entre 2017, 2020 e 2013, bem como obter o valor bruto de cada classe no mesmo período.

O processamento de imagens de satélite no formato NDVI se deu pelas seguintes etapas (FERREIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2008; ROUSE et al., 1973; SANTOS; BAPTISTA; MOURA, 2017; SOUZA et al., 2023):

1. Aquisição das Imagens de Satélite:

- Obtenção das imagens do satélite Sentinel-2 e Planet, fornecidas em formatos GeoTIFF e HDF.

2. Pré-processamento das Imagens:

- Realização do pré-processamento das imagens para garantir a qualidade dos dados, com correção atmosférica para remoção dos efeitos da atmosfera (dispersão e absorção) e para obtenção de valores de reflectância mais precisos.

- Recorte da área de interesse (ROI), com definição da região específica a ser analisada. Para este estudo foi utilizada a medida de um raio de 2 quilômetros a partir do ponto central de cada área das APAs com interesse nos lagos Tapari e Juá.

- Conversão para reflectância dos valores de pixel para valores de reflectância, que são necessários para o cálculo do NDVI.

3. Cálculo do NDVI:

O NDVI é calculado usando a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Onde:

NIR: Reflectância na banda do infravermelho próximo (0,75 – 0,90 μm).

Red: Reflectância na banda do vermelho (0,63 – 0,70 μm).

O resultado do NDVI varia entre -1 e 1, onde:

- Valores próximos a 1 indicam vegetação saudável e densa.
- Valores próximos a 0 indicam solo exposto ou áreas sem vegetação.
- Valores negativos podem indicar água, nuvens ou neve.

4. Pós-processamento:

Após o cálculo do NDVI, foram realizadas as etapas de:

- Filtragem para remoção de ruídos ou artefatos nas imagens.
- Classificação com segmentação da imagem em classes de cobertura do solo (vegetação, água, solo, etc.).
- Análise temporal com comparação de imagens NDVI ao longo do tempo para monitorar mudanças na vegetação.
- Geração de mapas temáticos com criação dos mapas visuais para interpretação dos resultados.

O índice NDVI mede a quantidade de vegetação em uma determinada área, com monitoramento das características fisiológicas e fenológicas da vegetação ao longo do tempo, indicador de desenvolvimento ou degradação da vegetação (FERREIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2008; SANTOS; BAPTISTA; MOURA, 2017).

Este índice pode ser usado no monitoramento global da vegetação, monitoramento da expansão urbana e atividades antrópicas como desmatamento. Tornou-se uma das principais ferramentas para o monitoramento ambiental, permitindo o estudo da distribuição espacial da vegetação e suas transformações em momentos distintos (SILVA, 2020a). Pode ser empregado também como um índice para o monitoramento da exploração de florestas na Amazônia, tornando a gestão florestal mais acessível ao poder público e às entidades não governamentais ou privadas, dando à população local a oportunidade e o incentivo à conservação florestal (MORAES et al., 2016).

Em suma, este índice tem sido utilizado na avaliação de desmatamento, desertificação e recuperação de áreas degradadas, análise de mudanças na cobertura vegetal em resposta a variações climáticas, identificação de áreas com vegetação úmida ou seca.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Unidades de conservação: instrumentos legais para proteção ambiental

No Brasil, a partir da década de 30, foram criadas as primeiras leis para a proteção da natureza, tais como o Código Florestal Brasileiro (Decreto nº 23.793/34) e o Código de Águas (Decreto nº 24.643/34), e com elas as primeiras Unidades de Conservação (UCs) (BRASIL, 1934a, 1934b).

A Constituição Federal Brasileira, de 22 de setembro de 1988, foi um marco importante na proteção do meio ambiente, ao instituir normas diretas que abordaram a problemática ambiental e estabeleceram a proteção ambiental como um direito fundamental, não se limitando apenas à conservação de áreas naturais, mas também visando garantir que o desenvolvimento urbano seja sustentável e que a urbanização respeite os limites ecológicos, promovendo um equilíbrio entre crescimento econômico e conservação ambiental (BRASIL, 1988).

O artigo 225 da Constituição Federal Brasileira, consagra que: “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. Isso significa que o meio ambiente é reconhecido como um bem coletivo, cuja conservação não é apenas uma responsabilidade do Estado, mas de toda a sociedade, e impõe ao Poder Público o dever de defender e conservar os recursos naturais para as presentes e futuras gerações, enfatizando a necessidade de uma gestão sustentável (BRASIL, 1988).

O Direito Ambiental é um campo da área jurídica que compreende a relação do ser humano com o meio ambiente, analisando os mecanismos legais para a proteção deste (DOLZAN, 2015). No Brasil, o Direito Ambiental estabelece novas diretrizes de conduta, fundamentadas na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981), que estabelece definições claras para o meio ambiente, qualifica as ações dos agentes modificadores e provê mecanismos para assegurar a proteção ambiental (BRASIL, 1981b).

Nesse sentido, a instituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, criou dois grupos de Unidades de Conservação (UCs), com características específicas: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável, que refletiu um avanço na política ambiental brasileira a fim de fortalecer a perspectiva de uso sustentável dos

recursos naturais, das medidas compensatórias e de uma descentralização mais controlada da política ambiental no Brasil (BRASIL, 2000).

No que tange à criação e gestão de Unidades de Conservação (UCs), a legislação ambiental brasileira, em especial a Lei nº 9.985/2000, que institui o SNUC, impõe a obrigatoriedade de elaboração de um Plano de Manejo para todas as UCs, conforme disposto em seu artigo 27 (BRASIL, 2000).

Este plano constitui um instrumento técnico e normativo fundamental para a gestão de áreas protegidas, pois estabelece, com base nos objetivos gerais da unidade, o zoneamento da área, além de regular as atividades permitidas e o uso sustentável dos recursos naturais. O plano também abrange as diretrizes para a implementação das infraestruturas necessárias à gestão e fiscalização da UC, garantindo a integridade ambiental e a efetiva proteção dos recursos naturais nela contidos (BRASIL, 2000).

Apesar do SNUC do Brasil instituir de forma clara e objetiva a classificação das UCs, quais os seus objetivos e quais as normas gerais que devem regê-las, dados indicam que cerca de 81,8% das UCs criadas no Brasil ainda não possuem plano de manejo efetivamente implementado, enquanto 71,8% não contam com conselhos gestores devidamente constituídos (SANTANA; SANTOS; BARBOSA, 2020).

Essa carência compromete a capacidade de planejamento e governança dessas áreas, resultando em fragilidades que impactam diretamente a conservação de ecossistemas e a promoção do uso sustentável dos recursos naturais, pois limita a definição de diretrizes claras para o uso do território, a delimitação de zonas de uso e proteção, e a implementação de estratégias de monitoramento e mitigação de impactos ambientais. Da mesma forma, a falta de conselhos gestores impede a participação efetiva de atores sociais, como comunidades locais, organizações da sociedade civil e representantes do setor produtivo, reduzindo a legitimidade e a eficácia das decisões tomadas.

A legislação brasileira exige a compatibilização entre os processos de desenvolvimento urbano e a conservação ambiental, sendo imperativo que as UCs, ao interagir com o espaço urbano, integrem-se a um sistema de gestão que respeite as normativas ambientais, contribuindo para a sustentabilidade e a conservação dos ecossistemas. Nas cidades que abrigam UCs a aplicação simultânea dos instrumentos de planejamento urbano e dos planos de manejo das UCs constituem

uma estratégia essencial para a promoção de um ordenamento territorial que contemple tanto o crescimento urbano, quanto a conservação da biodiversidade, em consonância com os princípios do direito ambiental.

4.3.2 Áreas de proteção ambiental e os desafios legais e ambientais para a sustentabilidade

A legislação brasileira com a criação do SNUC, amparou a UCs na categoria Área de Proteção Ambiental (APAs), e no seu artigo 15, conceituou a APA como: “uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (BRASIL, 2000).

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) estabelece que a criação de uma APA deve ser precedida por estudos técnicos detalhados, que incluam a identificação dos atributos naturais, sociais e econômicos da área, e por consultas públicas com ampla participação social. Esses critérios são fundamentais para assegurar a viabilidade ambiental, social e econômica da unidade e para evitar conflitos na sua implantação e gestão, como a ineficiência na proteção dos recursos naturais e na conservação da biodiversidade, agravando os impactos ambientais, além de dificultar a implementação de ações de fiscalização e controle, sobretudo em áreas de alta pressão antrópica (GRANJA, 2009).

Conforme a legislação, as APAs permitem a presença de atividades econômicas e residenciais, desde que compatíveis com a conservação ambiental, e podem ser estabelecidas tanto em áreas de domínio público quanto privado, pela União, estados ou municípios, com atividades e usos determinados por regras específicas. No caso de área pública, as condições são estabelecidas pelo órgão gestor, já em propriedades privadas, o proprietário estabelece as regras, seguindo as exigências legais (BRASIL, 2000).

Contudo, a criação e implementação de APAs em áreas urbanas ou em expansão enfrenta dificuldades, como a definição de limites de áreas, a falta de infraestrutura de fiscalização e a conflitividade de uso do solo, especialmente com a pressão por áreas para construção de habitação e desenvolvimento comercial. A

implementação eficaz de tais unidades de conservação é desafiadora pela falta de fiscalização, pressões antrópicas distintas, ineficiência na gestão de áreas protegidas, bem como a falta de integração entre as políticas de planejamento urbano e as estratégias de conservação ambiental.

De acordo com informações do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), o Brasil registra 375 APAs, sendo 37 federais, 200 estaduais e 138 municipais (CNCU, 2024). As áreas federais são administradas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), enquanto as estaduais e municipais ficam a cargo dos órgãos ambientais de cada esfera governamental. No entanto, as áreas públicas acabam sendo as mais invadidas, especialmente aquelas às margens dos cursos hídricos, que por natureza deveriam a ser áreas protegidas por lei (CLARO, 2018).

Os motivos para criação das unidades são diversos, assim como as modalidades geralmente determinadoras da função para a qual cada uma foi criada. A delimitação destas áreas e sua respectiva gestão vêm como uma resposta, ainda que em fase de elaboração, como parte da solução da crise ambiental pela qual o planeta Terra vem passando. Uma vez que devido à expansão e ao adensamento das malhas urbanas, a vegetação e outros componentes naturais acabam tornando-se os elementos mais vulneráveis da paisagem urbana (KUDO; PEREIRA; SILVA, 2016).

Para discutir a temática é imprescindível evocar o conceito de sustentabilidade, para garantir que o desenvolvimento urbano não comprometa a capacidade de regeneração dos ecossistemas. A implementação das APAs é uma das principais ferramentas para garantir que as cidades amazônicas e outras regiões urbanas no Brasil cresçam de forma equilibrada e sustentável. Pode-se dizer que não há cidades sustentáveis, mas há busca por sustentabilidade. Assim, faz-se necessário pensar as cidades sustentáveis como um constante processo de implementação de critérios de sustentabilidade que exigem o reconhecimento de uma série de valores, atitudes e princípios tanto nas esferas públicas como privadas, e individuais da vida urbana (MARTINELLI, 2004).

As APAs tratam-se de uma estratégia crucial para mitigar os impactos da urbanização, como o desmatamento e a degradação dos ecossistemas. Por isso, a discussão sobre sustentabilidade urbana é importante, visto que se relaciona com o processo de urbanização verificado principalmente nos países em desenvolvimento,

para combate à pobreza e à exclusão social, uma vez que os problemas ambientais também representam, ou ao menos indicam, conflitos sociais e têm origem no processo de desenvolvimento econômico desigual (BOARETO, 2008). Destaca-se, no entanto, que a análise de fatores como tamanho, forma, grau de isolamento, heterogeneidade da paisagem, tipo de vizinhança e histórico de perturbações antrópicas são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade em áreas protegidas (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Conforme estabelecido pelo Ministério do Meio Ambiente, o planejamento urbano no Brasil é uma prerrogativa constitucional atribuída à gestão municipal, incumbida entre outras responsabilidades, de delimitar oficialmente as zonas urbanas, rurais e demais territórios, para os quais se aplicam os instrumentos de planejamento ambiental, com base nas diretrizes do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

A Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, também conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece uma série de instrumentos convergentes para a institucionalização de políticas de desenvolvimento urbano, preconiza a proteção, conservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, e prevê a audiência do Poder Público Municipal e da população interessada em processos que possam afetar o meio ambiente (BRASIL, 2001).

Neste contexto, assim como o SNUC, o Estatuto da Cidade estabelece normas jurídicas, princípios e comandos fundamentais para o desenvolvimento equilibrado entre as necessidades urbanísticas e a conservação ambiental, constituindo uma das ferramentas principais do planejamento urbano no Brasil, e tendo como objetivo promover o desenvolvimento sustentável das cidades, integrando a sustentabilidade ambiental nas ações urbanísticas.

4.3.3 Um breve histórico sobre UCs na categoria APAs no município de Santarém, Oeste do Pará

Com os objetivos básicos de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, foram instituídas no município de Santarém, Pará, três (03) Unidades de

Conservação, pertencentes ao grupo de Unidades de Uso Sustentável, na categoria APA (Figura 8).

Figura 8 – Mapa das Áreas de Proteção Ambiental do município de Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: SEMMA, 2025.

As APAs Alter do Chão, Saubal e Juá apresentam em comum a aproximação com áreas em expansão urbana crescente no município, o que pode representar uma resposta sustentável em oposição ao processo de uso e ocupação do solo de áreas naturais, haja vista que essas áreas deveriam ser conservadas. Neste ponto, verifica-se que a criação das UCs talvez não seja suficiente para assegurar a conservação dos recursos e a sustentabilidade preconizada em lei.

A primeira UC instituída na cidade de Santarém, Pará, foi a APA Alter do Chão, por meio da Lei Municipal nº 17.771, em 02 de julho de 2003, com uma área

de 16.180,00 hectares, que inclui seis (06) comunidades do Projeto de Assentamento Extrativista (PAE) Eixo Forte, a saber: Caranazal, São Raimundo, São Pedro, Jatobá, São Sebastião, Ponta de Pedras; e a vila de Alter do Chão, também ocupada pelo povo indígena Borari (BRASIL, 2003).

A criação da APA Alter do Chão surgiu a partir de uma combinação de fatores locais e acadêmicos. De um lado, a crescente preocupação de membros da comunidade da vila de Alter do Chão com o aumento da especulação imobiliária e os potenciais impactos ambientais decorrentes dessa urbanização, de outro, o interesse científico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), que historicamente tem se dedicado à pesquisa e conservação da biodiversidade regional (RENTE, 2006).

Esse contexto sugere que, ao menos em sua origem, a proposição de estabelecer uma UC na região apresenta uma singularidade. A particularidade reside no fato de que, ao contrário do que ocorre na maioria dos processos de criação de UC no Brasil, onde as iniciativas geralmente surgem a partir de instâncias governamentais, a demanda por essa UC foi impulsionada por duas partes da sociedade civil, a comunidade local e uma instituição científica, ambas preocupadas com as questões ambientais e com a sustentabilidade da região (RENTE, 2006).

De acordo com a gestão municipal, os objetivos da APA Alter do Chão são: estimular a pesquisa científica e a conservação de valores culturais, históricos e arqueológicos; acompanhar e disciplinar ao longo do tempo as interferências no meio ambiente; manter paisagens e atributos culturais relevantes; e assegurar o caráter sustentável de ação antrópica na região (BRASIL, 2003).

Entende-se que a APA Alter do Chão é dotada de uma paisagem com atributos ecológicos, paisagísticos, culturais, históricos e arqueológicos relevantes, entretanto, verifica-se que desde as ações antrópicas no passado, até o atual avanço ocupacional, a paisagem natural é continuamente domesticada. Prédios, pousadas e, principalmente, casas de veraneio, têm gerado mudanças na paisagem natural. Imóveis vêm sendo construídos para atender a demanda de turistas nacionais e estrangeiros, o que afeta diretamente a população local, e acaba comprometendo o caráter sustentável da APA. Uma vez que, os propósitos essenciais de uma APA são proteger a biodiversidade, corrigir o sistema de ocupação e garantir o atendimento das demandas do presente sem comprometer o futuro.

A APA Serra do Saubal foi criada em 06 de setembro de 2011, por meio da Lei Municipal nº 18.715, com uma área de aproximadamente 154 hectares, em área urbana, com os objetivos de promover o uso sustentável dos recursos naturais, proteger a biodiversidade, proteger os recursos hídricos e os remanescentes de floresta, bem como o patrimônio arqueológico e cultural, promovendo a melhoria da qualidade de vida da população, mantendo o caráter rural da região e evitando o avanço da ocupação urbana na área protegida (BRASIL, 2011).

A Serra do Saubal abrange os bairros Nova República, Bela Vista, Mararu, Vigia e Comunidade de Saubal. Esta APA representa, na atualidade, o principal refúgio natural relativamente conservado dentro dos limites da zona urbana de Santarém, embora esteja submetida a uma intensa pressão de ocupação (PIMENTEL et al., 2021).

A crescente bairrista entorno a APA, evidencia a importância do planejamento urbano, uma vez que foi identificada uma diminuição da vegetação ripária que acabam prejudicando as nascentes de igarapés, comprometendo diretamente área de drenagem da microbacia do Igarapé do Urumari. A floresta derrubada em diversos pontos da Serra, configura um mosaico de fragmentos interrompidos pelo recorte de ocupações, estradas e ramais, principalmente na parte mais urbanizada (PIMENTEL et al., 2021).

Segundo Marques e Oaigen (2007), o crescimento populacional desordenado é um fator gerador de impactos ambientais porque há necessidade cada vez maior de espaço para abrigar a população que cresce, muitas vezes invadindo áreas de proteção ambiental. Esta população geralmente constrói moradias ao longo dos igarapés, sem nenhuma infraestrutura, ocupando as áreas desordenadamente e jogando todos os resíduos resultantes de seu cotidiano diretamente às margens, ocasionando eutrofização, contaminações que colocam em risco sua saúde, e dizimando espécies desse habitat.

Diversos crimes ambientais de desmatamento e poluição estão afetando a serra nos últimos anos, e isso pode causar uma instabilidade de sedimentos e assim acelerar os processos naturais de erosão devido a supressão da vegetação, pois a cobertura florestal atua através da interceptação, e influencia a redistribuição da água da chuva, uma vez que as copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, afetando

assim, a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração (BALBINOT et al., 2008).

Neste contexto, Santiago et al. (2023) relata que o adensamento populacional também tem como consequência a diminuição do quantitativo de nascentes, córregos e mata ciliar. O igarapé do Urumari é o único corredor de vazão das águas pluviométricas, mas enfrenta problemas socioambientais e territoriais, como urbanização desordenada, mudança climática, desmatamento e degradação do solo. As nascentes do igarapé do Urumari estão localizadas nos bairros Santo André e Vigia, sendo que as nascentes deste último bairro estão localizadas dentro da APA Serra do Saubal.

O estudo de Moura et al. (2023) mostra que as nascentes são áreas de proteção permanente, preconizadas em lei. Entretanto, quando inseridas em contexto urbano padecem pelo avanço da urbanização desordenada sobre elas e, por vezes, pelo descaso do poder público em frear o avanço e garantir sua conservação.

Nessa mesma linha, o estudo de Pimentel et al. (2019) aponta como o igarapé do Urumari vem sendo impactado de forma física, química e biológica, trazendo grandes consequências socioambientais, e constatando-se que o crescimento populacional é o fator gerador dos impactos ambientais, porque há uma necessidade cada vez maior de espaço para abrigar a população que cresce e invade as áreas de proteção ambiental.

De acordo com Pimentel et al. (2021), existe um negligenciamento quanto à conservação do igarapé do Urumari, seja por meio da população que às vezes não tem conhecimento ou pela falta de sensibilidade acaba cometendo ações que comprometam esse ecossistema, ou também pela ausência do poder público que não fiscaliza, não propõe e não realiza ações de recuperação dos impactos causados ao local.

Neste contexto, tem-se também a APA Juá, que foi criada em 28 de dezembro 2012, por meio da Lei nº 19.206, em um contexto de intervenção urbanística na região do entorno do lago Juá. A delimitação da APA foi estabelecida em conformidade com os limites previamente definidos pelas obras do projeto de loteamento, que visava o desenvolvimento de um empreendimento imobiliário (ABREU, 2015; BRASIL, 2012b).

A área total da APA é equivalente a 126 hectares, em zona de expansão urbana, e embora a APA Juá tenha recebido o nome do lago, o ecossistema aquático não está contemplado na área de formação da referida APA, contrariando o princípio de que a delimitação de uma UC deve considerar a totalidade dos sistemas ecológicos que ela visa proteger, incluindo não apenas as áreas terrestres, mas também os corpos hídricos e seus habitats aquáticos (BRASIL, 2012b).

Esse arranjo gera questionamentos sobre a efetividade da área delimitada em termos de garantir a conservação ambiental e a exploração sustentável dos recursos naturais da região. A forma como os limites da APA foi estabelecida, com base em um projeto urbanístico já em curso, implicou na criação de uma área com dimensões e características que não sejam plenamente adequadas para cumprir os objetivos de conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais.

A delimitação da APA Juá, excluindo o lago, também levanta questões sobre a eficácia da legislação e da governança ambiental. A criação de unidades de conservação, como as APAs, visa proteger recursos naturais essenciais e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas em longo prazo. No entanto, a exclusão de elementos-chave, como o lago, enfraqueceu a legitimidade e a aplicabilidade das políticas de conservação, refletindo a necessidade de um processo de planejamento e implementação mais detalhados, coerente com os objetivos de proteção e conservação ambiental.

A APA Juá foi criada com objetivos de: conservar o conjunto geológico e biológico que compõe a sua área, ordenar a ocupação das terras e promover a conservação dos recursos abióticos e bióticos dentro de seus limites, de modo a assegurar o bem-estar das populações que lá vivem, resguardar ou incrementar as condições locais e manter paisagens e atributos culturais relevantes, fiscalizar a prática de atividades científicas e de turismo ecológico, bem como as atividades econômicas compatíveis com a conservação ambiental, além de exercer atividades de controle e monitoramento ambiental, de modo a permitir, acompanhar e disciplinar, ao longo do tempo, as interfaces no meio ambiente, e fomentar a educação ambiental, a pesquisa científica e a conservação dos valores culturais e históricos (BRASIL, 2012b).

Seguindo recomendações pertinentes a realidade local por tratar-se de uma área com inúmeros conflitos de interesses, no dia 26 de maio de 2017, por meio do

Decreto Municipal nº 569, foi instituído o Conselho Gestor da APA Juá, formado por 12 instituições (BRASIL, 2017).

Entre os conflitos que envolvem a APA Juá estão as ocupações que ocorrem ao entorno da APA e ao entorno do lago Juá. Estudos apontam algumas problemáticas socioambientais, destacadas pelos atores sociais locais, tais como a retirada considerável de floresta de terra firme para a construção estabelecimento imobiliário, o assoreamento do lago como consequência diminuição da cobertura vegetal, o lançamento de efluentes urbanos e de resíduo do solo provenientes do carreamento da área desmatada descrita anteriormente, assim como, a poluição das águas do lago por meio de galerias de esgoto originárias do complexo aeroportuário (CARDOSO et al., 2018, 2020, 2021).

Corrêa et al. (2018) afirmam que os impactos antrópicos decorrentes do uso inadequado do entorno do lago, particularmente aqueles que desmatam, assoreiam e poluem as águas e seguramente agravam a situação.

Pontua-se ainda que o uso e ocupação desordenada de áreas de proteção e/ou de interesse ambiental, ocasionam o desmatamento e as modificações nos ecossistemas, além de serem concebidas sobre condições inadequadas de infraestrutura e de saneamento básico, afetando na qualidade de vida dos moradores e do lago Juá, que embora dê nome a APA Juá não é amparado por ela.

A ocupação Vista Alegre do Juá, a exemplo, foi se consolidando e sofre uma crescente nas proximidades da APA, sendo possível observar que foram desmatados hectares de cobertura vegetal da APA a fim de que a área fosse liberada para a construção de casas e aberturas de ruas. Em consequência disso, a supressão da cobertura vegetal fragiliza o solo, que, com as chuvas, leva sedimentos para pontos mais baixos, como o lago Juá.

Diante disso, faz-se necessário, o aprimoramento de medidas estratégicas de combate aos principais impactos que degradam a APA Juá e o lago, como gestão eficaz e eficiente nas tomadas de decisão, além da implementação de ações rápidas e comprometidas com a conservação APA e do lago. As medidas devem mitigar as causas dos impactos, e não apenas agir de forma paliativa visando combater as suas consequências. Para isso, deve-se levar em consideração a compreensão e o entendimento dos moradores, que são os atores sociais locais, com o propósito de realizar ações em conjunto, visando uma gestão integradora e participativa, de forma a contribuir efetivamente para a redução dos impactos socioambientais existentes.

As três Áreas de Proteção Ambiental (APAs) existentes carecem de Planos de Manejo ou de qualquer instrumento equivalente de gestão emergencial que possa ser empregado para garantir a conservação e a governança eficaz dessas unidades. A ausência desses instrumentos de gestão compromete substancialmente a capacidade de planejamento estratégico e operacional das APAs, resultando em lacunas significativas na definição de diretrizes claras para o uso do território e na implementação de ações de conservação e monitoramento.

A falta de um zoneamento adequado nas APAs intensifica os conflitos relacionados ao uso e à ocupação do solo, uma vez que a ausência de uma delimitação precisa das zonas de uso sustentável e de proteção, gera insegurança jurídica e dificulta a coordenação de atividades econômicas e sociais compatíveis com os objetivos de conservação. Essa deficiência na gestão das APAs, portanto, não apenas prejudica a eficácia das ações de proteção ambiental, mas também aumenta a vulnerabilidade dessas áreas à pressão de atividades antrópicas, como a especulação imobiliária, o desmatamento e a exploração inadequada dos recursos naturais.

Além das APAs já criadas, há inúmeras solicitações para regulamentação da APA Maicá, proposta no Plano Diretor do Município, Lei nº 18.051, de 29 de dezembro de 2006, artigo 137, inciso VI, com o intuito, entre outros, de garantir a biodiversidade do lago Maicá (BRASIL, 2006; SERRÃO, 2018; SOUSA; SERRÃO; VIEIRA, 2021). No entanto, antes de criar e implementar novas unidades, é fundamental avaliar a eficácia e eficiência das UCs em atividade.

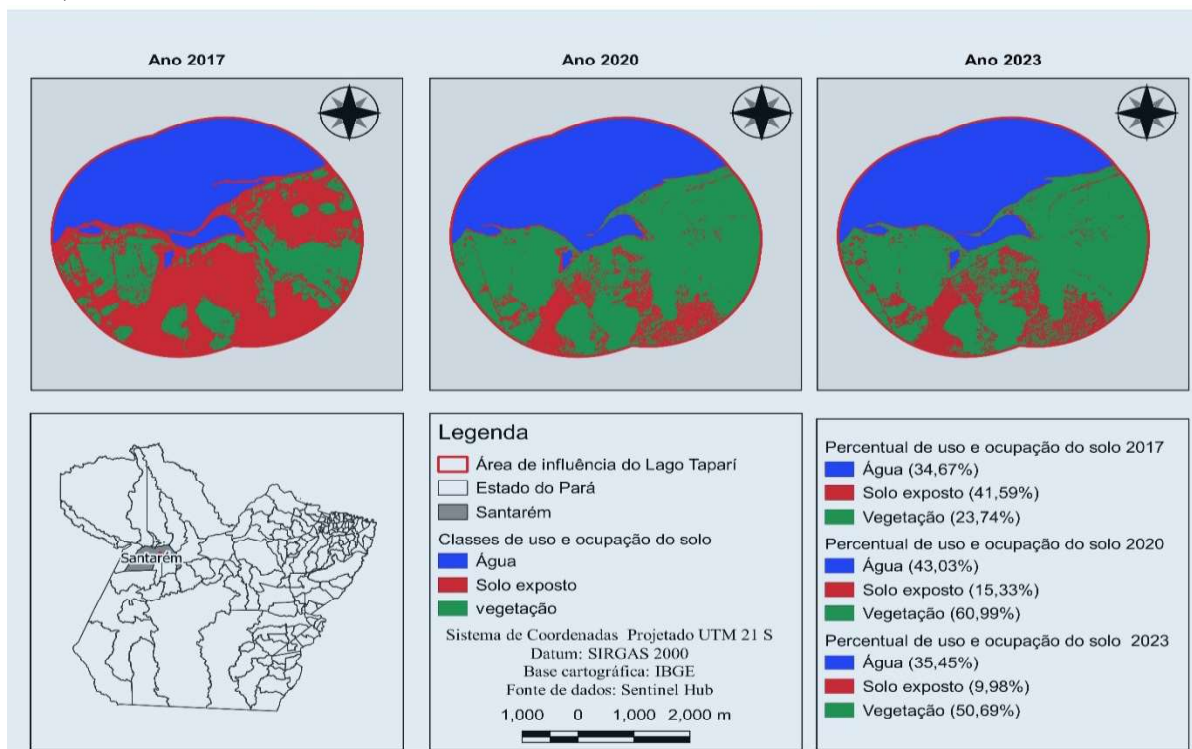
4.3.4 Mapas temáticos de uso e cobertura do solo das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) Alter do Chão e Juá

Para efeito de interpretação das imagens e leitura visual do índice NDVI, os mapas mostram áreas com vegetação nativa ou vegetação mais densa na cor verde, e o solo exposto na cor vermelha, oriundos de ocupação, com supressão da vegetação e aumento de áreas desmatadas.

Foi possível observar as alterações na paisagem entorno dos lagos Tapari e Juá, a partir de análise temporal e comparativa da cobertura do solo nas APAs Alter do Chão e Juá, entre os anos 2017, 2020 e 2023 (Figuras 9 e 10).

A leitura do índice NDVI da APA Alter do Chão e de áreas próximas ao lago Tapari pode indicar falsa degradação em certos pontos, pois o solo está natural e parcialmente exposto devido a cobertura vegetal ser do tipo savana ou cerrado (Figura 9).

Figura 9 – Mapa de uso temporal e cobertura em NDVI referentes aos anos 2017, 2020 e 2023 do entorno da APA Alter do Chão com recorte amostral referente ao lago Tapari, município de Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.

Vale ressaltar que na APA inclui seis comunidades do Projeto de Assentamento Extrativista (PAE) Eixo Forte, a saber: Caranazal, São Raimundo, São Pedro, Jatobá, São Sebastião, Ponta de Pedras; e a vila de Alter do Chão, também ocupada pelo povo indígena Borari (BRASIL, 2003). Esse fator também resulta na alteração de comportamentos no meio rural, característicos em ambientes urbanos, como supressão da vegetação nativa para construção de casas, estradas e plantio.

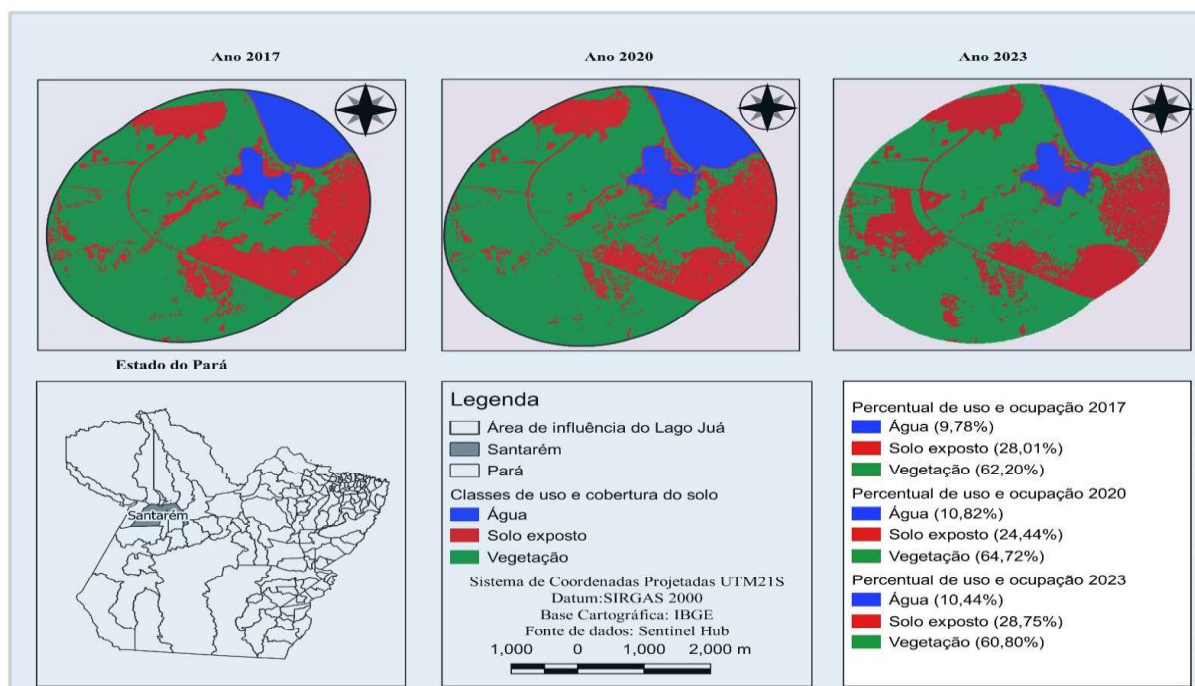
As imagens mostram concentrações de vegetação nativa ou interpretadas como áreas de vegetação em maior estágio de regeneração, desconsiderando as áreas de savana ou cerrado, e apontam necessidade de intervenções em áreas específicas, como o plantio de espécies nativas, controle de erosão e manejo do

solo (Figuras 9 e 10). Este cenário de vulnerabilidade socioambiental apresentado nas imagens está intimamente relacionado à falta de planejamento urbano e ao descompasso entre o crescimento urbano desordenado e a capacidade de regeneração dos ecossistemas locais.

Essa dinâmica reflete uma interação complexa e cumulativa entre processos de degradação ambiental e condições de pobreza e privação social (ALVES, 2006). O modelo de expansão urbana vigente, ao desconsiderar os limites ecológicos e as necessidades de conservação ambiental, tende a agravar os problemas já existentes e a intensificar os impactos sobre a qualidade de vida da população. Nesse sentido, é imperativo que as políticas públicas e os planos de gestão territorial integrem as questões ambientais e sociais, adotando estratégias que promovam o desenvolvimento sustentável e a mitigação dos efeitos negativos da urbanização sobre as comunidades locais e o ecossistema.

Em se tratando da APA Juá e consequentemente do lago Juá (Figura 10). O aumento das áreas vermelhas reflete a expansão das zonas urbanas. Essa expansão, visível no ano 2023, é consistente com o aumento de empreendimentos habitacionais e outras atividades humanas que impactam diretamente a APA, na qual é importante enfatizar que embora leve o nome do lago, não o comporta.

Figura 10 – Mapa de uso temporal e cobertura em NDVI referentes aos anos 2017, 2020 e 2023 do entorno da APA Juá com recorte amostral do limite ao lago Juá, município de Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado por GOLOBOVANTE, 2025.

Estudo conduzido por Corrêa et al. (2018) revelou que a área circundante do lago é caracterizada por sedimentos predominantemente arenosos, cobertos por vegetação típica de savana, com enclaves de floresta de terra firme e uma extensa planície sazonalmente inundável. Esses atributos conferem à região uma elevada heterogeneidade ambiental e funcionalidade ecológica. Entretanto, o ecossistema tem sido impactado por atividades antrópicas significativas, incluindo o desmatamento para a implementação de grandes empreendimentos habitacionais e a ocupação irregular, que atualmente acomoda centenas de famílias.

Em análise temporal, o lago Juá tem sido significativamente impactado por diversos processos decorrentes da expansão urbana e dos problemas habitacionais enfrentados pela população de Santarém. O avanço da urbanização tem promovido a construção de residências em terrenos ocupados, como no Bairro Vista Alegre do Juá, a instalação de loteamentos imobiliários de alto padrão, como o Loteamento "Cidade Jardim I", além de projetos habitacionais do Governo Federal, como o Programa "Minha Casa, Minha Vida" (Residencial Salvação) (SILVA, 2020b). Esses processos resultam em modificações profundas no ambiente local, com consequências diretas para a integridade ecológica da área.

Uma das principais consequências dessa dinâmica é o assoreamento do lago, processo caracterizado pelo acúmulo de sedimentos provenientes da erosão do solo, frequentemente acentuado pelas obras de construção e pelo desmatamento na área circundante. O escoamento de lama e sedimentos desses empreendimentos, especialmente durante os meses chuvosos, altera a composição físico-química da água, impactando negativamente sua qualidade (SILVA, 2020b). Esse processo pode contribuir para a redução da transparência da água, alteração dos níveis de oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, afeta a fauna aquática local, em particular, as espécies de peixes que dependem do lago como berçário e habitat de reprodução.

Os moradores da região, muitos dos quais dependem da pesca e da agricultura de subsistência, estão expostos a riscos elevados, incluindo a perda de fontes de alimento e renda. No lago Juá, a pesca artesanal é uma atividade predominante entre os pescadores, sendo praticada por aproximadamente 54% deles como uma atividade de subsistência, com foco principal no autoconsumo. A parcela remanescente da comunidade pesqueira utiliza a produção de forma secundária, destinando-a à distribuição, troca ou comercialização em pequena

escala (CORRÊA et al., 2018). A alteração nos padrões de reprodução das espécies aquáticas e a degradação da qualidade da água prejudicam não só a biodiversidade, mas também as atividades econômicas locais, gerando um ciclo de empobrecimento que agrava as condições de vida da população.

Configura-se, dessa forma, um estado de elevada vulnerabilidade socioambiental na localidade (ALVES, 2006), uma vez que os impactos decorrentes da expansão urbana e da degradação ambiental afetam não apenas o ecossistema, mas também as comunidades locais, que dependem diretamente dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo lago Juá e seus arredores. A degradação ambiental exacerbada pelo assoreamento do lago e pela alteração da qualidade da água, compromete a sustentabilidade dos recursos naturais essenciais à subsistência dessas populações.

4.3.5 Proposições de instrumentos de gestão para Apas Alter do Chão e Juá que contribuam na efetiva conservação de ecossistemas lacustres relacionados

A expansão urbana na Amazônia traz à tona o dilema entre desenvolvimento e conservação ambiental. A criação de áreas de proteção ambiental (APAs) no contexto de urbanização enfrenta desafios específicos, tanto do ponto de vista jurídico, quanto de planejamento urbano. A análise da interação entre políticas públicas de conservação ambiental, normas do SNUC e os desafios do planejamento urbano na Amazônia, possuem muitas lacunas.

Encontrar alternativas para um planejamento urbano sustentável que contemple a conservação ambiental e as particularidades locais é desafiador. Com isso, a adoção de políticas públicas baseadas em evidências científicas, incluindo análises integradas de paisagem, aliadas à gestão territorial, participação comunitária e ao monitoramento contínuo, são essenciais para garantir a resiliência e a sustentabilidade dos ecossistemas lacustres Tapari e Juá, e de outros ecossistemas naturais terrestres ou aquáticos relacionados às APAs Alter do Chão e Juá. A intensa antropização inviabiliza as APAs de cumprirem plenamente seu papel de proteger a biodiversidade, promover a sustentabilidade ambiental, tornando-as incapazes de equilibrar os sistemas naturais e as demandas humanas em contextos de alta pressão antrópica.

Para aplicação da legislação, é indispensável uma gestão eficiente das APAs, com aplicação de planejamento urbano participativo, que envolva os cidadãos, as autoridades locais e os gestores ambientais na definição de áreas a serem conservadas e as atividades permitidas. Além disso, é necessário garantir recursos para a fiscalização e o monitoramento das áreas protegidas.

As APAs desempenham um papel fundamental na conservação do equilíbrio ecológico em áreas urbanas e rurais. No entanto, a criação e implementação eficaz dessas áreas dependem de uma integração mais eficiente entre a legislação ambiental, o planejamento urbano e as políticas públicas de sustentabilidade.

Diante desse cenário, a estruturação de corredores ecológicos emerge como uma estratégia essencial para mitigar os impactos da fragmentação, podendo garantir a conectividade funcional entre as UCs e promover a resiliência ambiental na região.

A fragmentação florestal tem sido amplamente documentada na literatura científica como um dos principais fatores de perda da biodiversidade, reduzindo a capacidade das espécies de se dispersarem e aumentando o risco de extinção local. A ausência de conectividade ecológica pode tornar as unidades de conservação isoladas e ineficazes para a conservação dos habitats naturais, uma vez que a diversidade genética e os processos ecológicos dependem da interação entre diferentes fragmentos florestais.

No contexto de Santarém, a crescente urbanização e a conversão de áreas naturais para usos antrópicos têm acentuado essa problemática, reforçando a necessidade de intervenções estratégicas para garantir a funcionalidade ecológica das APAs. Assim, a criação de um corredor ecológico na área urbana de Santarém, conectando as APAs Alter do Chão, Saubal e a Juá, além de favorecer a dispersão de espécies e a manutenção da diversidade genética, desempenharia um papel essencial na regulação microclimática, no controle da erosão e na proteção das nascentes que abastecem a cidade.

A experiência de cidades que implementaram sistemas de corredores ecológicos demonstra que esses elementos podem atuar como infraestruturas verdes multifuncionais, combinando conservação ambiental com benefícios socioeconômicos, como ecoturismo, lazer e melhoria da qualidade de vida urbana.

4.4 Considerações Finais

O avanço desordenado das cidades na região amazônica contribui para a perda de biodiversidade, o aumento do desmatamento e a modificação dos cursos d'água em quantidade e qualidade. Esses impactos ambientais são frequentemente resultantes de práticas de ocupação territorial que não consideram as funções ecológicas e a sustentabilidade.

A criação de Áreas de Proteção Ambiental nas áreas de expansão urbana da Amazônia é uma estratégia jurídica e ambiental crucial para garantir a conservação do bioma. Contudo, é necessário um esforço coordenado entre as políticas de planejamento urbano e as políticas de conservação ambiental, levando em conta as particularidades da região amazônica. A integração de diferentes níveis de governo, bem como o investimento em fiscalização e infraestruturas sustentáveis, são fundamentais para o sucesso das APAs e para o desenvolvimento de uma Amazônia urbana mais sustentável e resiliente.

A intensa antropização das APAs pode, paradoxalmente, oferecer oportunidades para o fortalecimento de estratégias de sustentabilidade. Nesse sentido, a sensibilização da população sobre a importância das áreas protegidas e a necessidade de sua conservação é uma ferramenta vital para o sucesso da gestão ambiental. A educação ambiental, programas de sensibilização e a participação ativa das comunidades locais em processos decisórios podem ajudar a reduzir a resistência ao controle e à regulamentação das áreas protegidas.

Neste contexto, a análise dos dados aponta que as pressões antrópicas no espaço interno e entorno aos lagos, devem-se a expansão urbana, especulação imobiliária, exercício de atividades produtivas como pesca, turismo e lazer, e que a delimitação geográfica, a gestão e a fiscalização das APAs são insipientes e não cumprem a função jurídica e ambiental a qual foram propostas.

A gestão das unidades de conservação influencia diretamente na resiliência frente às ameaças antrópicas e proteção efetiva dos ecossistemas e recursos naturais nelas existentes.

A proximidade com áreas urbanas facilita o desenvolvimento de projetos de educação ambiental, a promoção do ecoturismo sustentável e o engajamento de populações em iniciativas de conservação. No entanto, a eficácia dessas ações depende de uma abordagem integrada e interdisciplinar, que reconheça os limites

da capacidade de carga dos ecossistemas e a necessidade de equilíbrio entre conservação e desenvolvimento.

Portanto, para garantir a resiliência e a sustentabilidade das APAs é imprescindível alinhar políticas públicas, ciência aplicada e participação comunitária. Somente dessa forma essas áreas poderão cumprir plenamente seu papel de proteger a biodiversidade, promover a sustentabilidade urbana e contribuir para o equilíbrio dos sistemas naturais em contextos de alta pressão antrópica.

Referências Bibliográficas

ABREU, J. R. P. de. **Gestão Ambiental aplicada ao urbanismo. Estudo de** f. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) - Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém - PA, 2015.

ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 3, 2014.

ALVES, H. P. da F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos da População**, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K. de; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A.F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.

BOARETO, R. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, p. 143-160, 2008.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1934a.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1934b.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1965.

BRASIL. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1981a.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras

providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1981b.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Lei Municipal nº 17.771, de 02 de julho de 2003. Cria a Área de Proteção Ambiental de Alter-do-Chão, no Município de Santarém, Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Lei Municipal nº 18.051, de 29 de dezembro de 2006. Institui o Plano Diretor participativo do Município de Santarém. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Lei Municipal nº 18.715, de 06 de setembro de 2011. Cria a Área de Proteção Ambiental da Serra do Saubal, no Município de Santarém, Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2012a.

BRASIL. Lei Municipal nº 19.206, de 28 de dezembro de 2012. Cria a Área de Proteção Ambiental do Juá, no Município de Santarém, Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2012b.

BRASIL. Decreto Municipal nº 569, de 26 de maio de 2017. Institui o Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental do Juá. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Manejo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: MMA, 2019. Disponível em: <https://mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/plano-de-manejo>. Acesso em: 05 jan. 2025.

BRITO, M. C. W. **Unidades de Conservação: intenções e resultados**. 2 ed. São Paulo: Annablume Fapesp, 2003

CARDOSO, M. C.; SILVA, R. E.; SILVA, A. D. B.; CHIBA, H. S. A. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. **O Social em Questão**, n. 40, p. 309-332, 2018.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; VIEIRA, T. A. Impactos socioambientais: a percepção de uma comunidade ribeirinha do Baixo Amazonas, Pará, Brasil. **Gaia Scientia**, v. 14, n. 4, p. 31-51, 2020.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; COSTA, I. C. N. P.; VIEIRA, T. A. Anthropogenic Actions and Socioenvironmental Changes in Lake of Juá, Brazilian Amazonia. **Sustainability**, v. 13, 9134, 2021.

CLARO, P. B. de O. Pressão por moradia e o impacto no desenvolvimento socioambiental em centros urbanos. **Instituto de Ensino e Pesquisa Insper**, n. 20, p. 1-17, 2018.

COELHO, L. H. F.; FREITAS, G. M.; MATOS, B. R. M.; SILVA, C. H. da; ALMEIDA, V. C.; PINHEIRO, M. R. **Estudo de Efetividade dos Conselhos das Unidades de Conservação da UNA Itaituba**. Itaituba: ICMBio, ARPA, 2020. 352 p.

CORRÊA, J. M. S.; ROCHA, M. dos S.; SANTOS, A. A. dos; SERRÃO, E. de M.; ZACARDI, D. M. Caracterização da pesca artesanal no Lago do Juá, Santarém, Pará. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, p. 61-74, 2018.

CÔRTE, D. A. A. **Por que precisamos de APA?** 1996. 178 f. Dissertação (Mestrado em planejamento urbano) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília - UnB, Brasília - DF, 1996.

COSTA, G. B. da; SILVA, A. S. da. Os desafios da Gestão Participativa de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) no Brasil e as Contribuições da Noção de Negociação Política. **Revista Gestão & Políticas Públicas**, v. 2, n. 2, p. 441-459, 2012.

DOLZAN, A. **Direito Ambiental: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; CORRÊA, G. A. D.; RATTER, J. A. Seleção de fragmentos prioritários para a criação de unidades de conservação do cerrado no Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 32-37, 2006.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 30, p. 379-390, 2008.

FIRMINO, L. A. C.; BULHÕES, E. M. R. Planejamento ambiental de ecossistemas lacustres litorâneos em áreas protegidas: o caso da Área de Proteção Ambiental do Lagamar, litoral norte fluminense, Brasil. **Confins [Online]**, n. 53, 2021.

GRANJA, L. V. A. de C. **O papel das áreas de proteção ambiental: APAS na conservação dos recursos naturais em áreas urbanas**. 2009. 208 f. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília - DF, 2009.

KUDO, S. A.; PEREIRA, H. dos S.; SILVA, S. C. P. da. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, p. 521-540, 2016.

MARQUES, A. L.; OAIGEN, E. R. A poluição do igarapé do Chico Reis e suas consequências para a saúde pública. **Caderno de Pesquisa série Biologia**, p. 11, 2007.

MARTINELLI, P. **Qualidade ambiental urbana em cidades médias**: proposta de modelo de avaliação para o Estado de São Paulo. 2004, 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro - SP, 2004.

MORAES, I. S.; LIMA, A. M. M. de; ADAMI, M.; ANDRADE, M. T. V. S. Monitoramento da abertura no dossel a partir de fotografias hemisféricas com NDVI e MLME em área de concessão florestal: Mamuru-Arapiuns/PA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, 2016.

MOURA, L. S.; MELO, S. G.; SOUSA, J. E. P.; LOPES, R. B.; SILVA, J. T. Preservação de nascentes na cidade de Santarém-PA na Região Amazônica. **Revista Tamoios**, v. 19, n. 1, p. 178-192, 2023.

PIMENTEL, D. R.; MOTA, E. J.; ALVES, R. C. F.; RAMOS, P. C.; JESUS, A. K. S. de. Avaliação da qualidade da água do Igarapé do Urumari, Santarém, Pará. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 153-161, 2019.

PIMENTEL, D. R.; SUEMITSU, C.; MOTA, E. J.; ALVES, R. C. F.; RAMOS, P. C.; JESUS, A. K. S. de; SILVA, I. L. de S.; SOARES, A. de M. Diagnóstico ambiental da vegetação ripária e da microbacia de um riacho urbano amazônico. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 166-180, 2021.

RENTE, A. S. G. **Áreas de Proteção Ambiental como inspiração para o desenvolvimento sustentável com liberdade**: o caso da criação da APA – Alter do Chão/PA. 2006, 147 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade), Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2006.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **Earth Resources Tecnology Satellite Symposium**, SP-351, p. 309-317, 1973.

SANCHO, A.; DEUS, J. A. S. de. Áreas protegidas e ambientes urbanos: Novos significados e transformações associados ao fenômeno da urbanização extensiva. **Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 2, p. 223-238, 2015.

SANTANA, V. V. de; SANTOS, P. R. dos; BARBOSA, M. V. Contribuições do Plano de Manejo e do Conselho Gestor em Unidades de Conservação. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 2, p. 18-29, 2020.

SANTIAGO, R. S.; ALMEIDA, R. M.; NOVAIS, J. S. de. Mudanças no uso e cobertura do solo na microbacia de um igarapé amazônico entre 1987 e 2018. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 91, p. 21-36, 2023.

SANTOS, C. V. B.; BAPTISTA, G. M. M.; MOURA, M. S. B. Seasonality of Vegetation Indices in diferente land uses in the São Francisco Valley. **Journal of Hiperespectral Remote Sensing**, v. 7, p. 158-167, 2017.

SEMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Santarém. Disponível em: <https://santarem.pa.gov.br/secretarias/semma>. Acesso em: 05 jan. 2025.

SERRÃO, E. M. **A pesca e o conhecimento tradicional dos pescadores de um lago de inundação no Baixo Amazonas: sugestões para manejo e conservação**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos), Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos, Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa, Santarém - PA, 2018.

SILVA, L. A. Uma revisão de literatura sobre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no monitoramento de áreas degradadas por empreendimentos minerários. **Revista Holos Environment**, v. 2, n. 20, p. 198-213, 2020a.

SILVA, D. V. **Socioantropologia da pesca artesanal no rio Tapajós: regime de informação enquanto regime de vida em uma vila de pescadores no lago do Juá, Santarém (PA)**. 2020. 297 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande - PB, 2020b.

SOUSA, W. L. de; SERRÃO, E. de M.; VIEIRA, T. A. Condições socioeconômicas de pescadoras artesanais e agricultoras familiares: o caso do lago Maicá, Santarém, Brasil. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 2, p. 83-102, 2021.

SOUZA, L. S. B. de; MAIA, I. C.; COSTA, D. dos S.; SANTOS, C. V. B. dos; CARNEIRO, A. de S. R.; MOURA, M. S. B. de. Análise comparativa entre o NDVI obtido por imagens multiespectrais e visíveis (RGB) em câmera acoplada em drone em área de videira. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 6, p. 741-751, 2023.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p.25-42, 1998.

VIANA, M. B.; GANEM, R. S. **APAS Federais no Brasil. Câmara dos Deputados. Consultoria Legislativa**. Brasília, DF, 2005. 50 p. Disponível em: <http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/1235>. Acesso em: 05 jan. 2025.

5 CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA DE DOIS LAGOS DE ÁGUAS CLARAS EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA³

³ O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA DE DOIS LAGOS DE ÁGUAS CLARAS EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO: Este estudo foi realizado nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, oeste do Estado do Pará, com os objetivos de: 1) analisar o efeito da variação temporal (estações chuvosa e menos chuvosa e fases hidrológicas: enchente, águas altas, vazante e águas baixas) e espacial (horizontal) na concentração de nutrientes e qualidade da água, por meio de variáveis físico-químicas e microbiológicas; 2) avaliar a adequação da qualidade da água em comparação aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005 para corpos de água, classe 2; e 3) acompanhar interferências ou não das características limnológicas em ambos os lagos sobre os padrões de qualidade da água e, discuti-los em relação a outros estudos realizados na região. Para tanto, foram efetuadas coletas mensalmente entre janeiro a dezembro do ano de 2021, englobando os períodos de enchente, águas altas, vazante e águas baixas do rio Tapajós. Foram estabelecidos cinco pontos de amostragem em cada lago, levando-se em consideração o grau de influência natural e antrópica. As estações de coleta J1 e J4 do lago Juá foram as que apresentaram os maiores valores de pH, OD, turbidez, nitrogênio amoniacal, fósforo, clorofila-a e variáveis microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*), valores esses significativamente mais elevados quando comparados aos dos outros pontos de coleta no lago e entre os lagos, apontando que a ocupação do entorno contribui para um cenário de degradação ambiental. Os resultados quando comparados a legislação ambiental correlata, demonstraram-se conforme, o que abre precedentes para se pensar na adequação da legislação nacional vigente à realidade da região amazônica e sua diversidade natural, que muitas vezes difere de outras regiões do país, e que tornam os resultados vulneráveis à determinação de conformidade e à comparação com os dados de outros ambientes no Brasil. Chama-se atenção para elaboração de diretrizes legais que estejam em consonância com os valores nacionais permissíveis sem detrimento das particularidades regionais.

Palavras-chave: Ecossistemas Lacustres. Águas Claras. Qualidade Hídrica.

ABSTRACT: This study was carried out in the floodplain lakes of the Tapajós, Tapari and Juá river basins, located in urban expansion areas of the municipality of Santarém, western Pará State, with the objectives of: 1) analyzing the effect of temporal variation (rainy and less rainy seasons and hydrological phases: flood, high water, ebb and low water) and spatial (horizontal) on the concentration of nutrients and water quality, through physical-chemical and microbiological variables; 2) evaluating the adequacy of water quality in comparison to the standards established by Resolution nº 357 of CONAMA/2005 for water bodies, class 2; and 3) monitoring the interference or not of limnological characteristics in both lakes on water quality standards and discussing them in relation to other studies carried out in the region. To this end, monthly collections were carried out between January and December of 2021, covering the flood, high water, low water and ebb water periods of the Tapajós River. Five sampling points were established in each lake, taking into account the degree of natural and anthropogenic influence. Collection stations J1 and J4 of Lake Juá were those that presented the highest values of pH, DO, turbidity, ammoniacal nitrogen, phosphorus, chlorophyll-a and microbiological variables (total coliforms and

Escherichia coli), values that were significantly higher when compared to those of the other collection points in the lake and between the lakes, indicating that the occupation of the surrounding area contributes to a scenario of environmental degradation. The results, when compared to related environmental legislation, were shown to be in accordance, which sets a precedent for considering the adequacy of current national legislation to the reality of the Amazon region and its natural diversity, which often differs from other regions of the country, and which makes the results vulnerable to determination of conformity and comparison with data from other environments in Brazil. Attention is drawn to the development of legal guidelines that are in line with permissible national values without detriment to regional particularities.

Keywords: Lake Ecosystems. Clear Waters. Water Quality.

5.1 Introdução

Na Região Amazônica existe a maior disponibilidade hídrica superficial do Brasil (RAMOS; WACHHOLZ; SILVA NETO, 2020), importante para as dinâmicas locais, com relevância nacional e global, por possuírem uma biodiversidade única e uma variedade de serviços ecossistêmicos muitas vezes explorados de forma insustentável. A questão ambiental e a noção de desenvolvimento surgem como questões fundamentais nos processos de uso e ocupação do solo às margens dos corpos hídricos, a fim de garantir a conservação desses ambientes e a qualidade de vida dos seres que os habitam (CARDOSO et al., 2021). Neste contexto, a conservação dos recursos hídricos amazônicos exige uma abordagem mais integrada e participativa.

Os ecossistemas aquáticos amazônicos possuem características únicas (CARDOSO et al., 2020, 2021), são sensíveis às perturbações na sua bacia de drenagem, podendo apresentar alterações nas suas concentrações físico-químicas e na sua diversidade biológica, o que os tornam vulneráveis às comunidades humanas que se estabelecem em seu entorno (CARDOSO et al., 2024; COELHO et al., 2024).

As políticas públicas de monitoramento da qualidade da água na Amazônia são incipientes (COELHO et al., 2024; DUVOISIN et al., 2024). Adicionalmente, a pesquisa e a gestão ambiental na região têm se concentrado predominantemente nos ecossistemas terrestres, subestimando a importância dos ambientes aquáticos e das comunidades locais que dependem deles. Para reverter esse cenário, é necessário fortalecer a governança local e regional, garantindo a participação efetiva da população na gestão dos recursos hídricos. Essa abordagem, defendida por

Lopes et al. (2021), é fundamental para promover a conservação a longo prazo da biodiversidade aquática e dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelos ambientes aquáticos amazônicos.

Sabe-se, no entanto, que a degradação dos recursos hídricos superficiais ocorre principalmente em função das atividades antrópicas desenvolvidas no âmbito das bacias hidrográficas (DRUMOND et al., 2018), o que tem interferido nos ecossistemas aquáticos e levado à perda qualitativa e quantitativa da água (RAMOS; WACHHOLZ; SILVA NETO, 2020), em especial nas áreas urbanas.

A expansão das cidades e a falta de planejamento de uso e ocupação do solo urbano estão entre as principais ações antrópicas que comprometem o funcionamento de ecossistemas naturais aquáticos na Amazônia. Uma vez que a malha urbana de muitas cidades foram e continuam se desenvolvendo às margens dos ambientes aquáticos.

Informações científicas importantes sobre a condição ecológica e sanitária dos ambientes aquáticos podem ser obtidas a partir de estudos limnológicos, que são essenciais para subsidiar ações tanto no tempo presente (gestão), quanto no futuro (planejamento). Entre as variáveis limnológicas utilizadas na avaliação da qualidade da água, as quais são diretamente influenciadas pelo uso do solo na bacia de drenagem, destacam-se as concentrações de fósforo, nitrogênio, oxigênio dissolvido e clorofila-a, bem como os valores de pH, turbidez e densidade de coliformes fecais e totais (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008).

Os conceitos de qualidade da água não são especificamente ligados à sua pureza, mas sim às suas características físicas, químicas e biológicas, e a análise periódica desses parâmetros em corpos d'água é essencial para o acompanhamento das condições ambientais das bacias hidrográficas, servindo como subsídio às tomadas de decisão que visem a conservação e o uso sustentável das águas (ABREU; CUNHA, 2015).

Embora os conhecimentos limnológicos sobre os lagos de inundação amazônicos tenham se expandido nas últimas décadas, estudos que englobam diferentes escalas amostrais ainda são escassos (ALMEIDA; MELO, 2009). Poucos são os estudos que abordam as características físico-químicas dos rios de águas claras como o rio Tapajós, e os efeitos da gestão territorial desses rios na qualidade da água, principalmente sobre as características físico-químicas em comparação

com os padrões do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), atualmente em uso no Brasil (MONTE et al., 2021).

Ressalta-se também que os lagos assumem no município de Santarém, bem como em um grande número de municípios amazônicos, uma importante fonte de recursos e serviços naturais, que vão desde água, alimento, lazer, até emprego e renda. Dessa forma, é importante o monitoramento limnológico dos mesmos, uma vez que a contaminação hídrica pode comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas e, conseqüentemente, dos serviços ecossistêmicos prestados, sobretudo, hídricos e pesqueiros.

A análise das condições limnológicas dos lagos vai além dos aspectos estruturais, abrangendo as variações temporais e espaciais que afetam suas características ambientais. Em períodos chuvosos ocorre maior lixiviação de matéria orgânica para esses ambientes, aumentando a turbidez (MOURA et al., 2008). Estudos também indicam que no lago Juá, as condições limnológicas diferem entre áreas distantes e próximas aos conjuntos habitacionais e às ocupações irregulares em sua margem (OLIVEIRA et al., 2022).

Neste contexto, este estudo testa a hipótese de que há heterogeneidade nas condições ambientais tanto entre os dois lagos quanto dentro de cada lago, ao longo das fases hidrológicas (enchente, águas altas, vazante e águas baixas), das estações temporais (chuvosa e menos chuvosa), e dos diferentes pontos de amostragem. Os lagos estudados estão associados às Áreas de Proteção Ambiental (APAs) de Alter do Chão e Juá, que proporcionam capital natural e serviços ecossistêmicos característicos que fomentam diretamente a economia local.

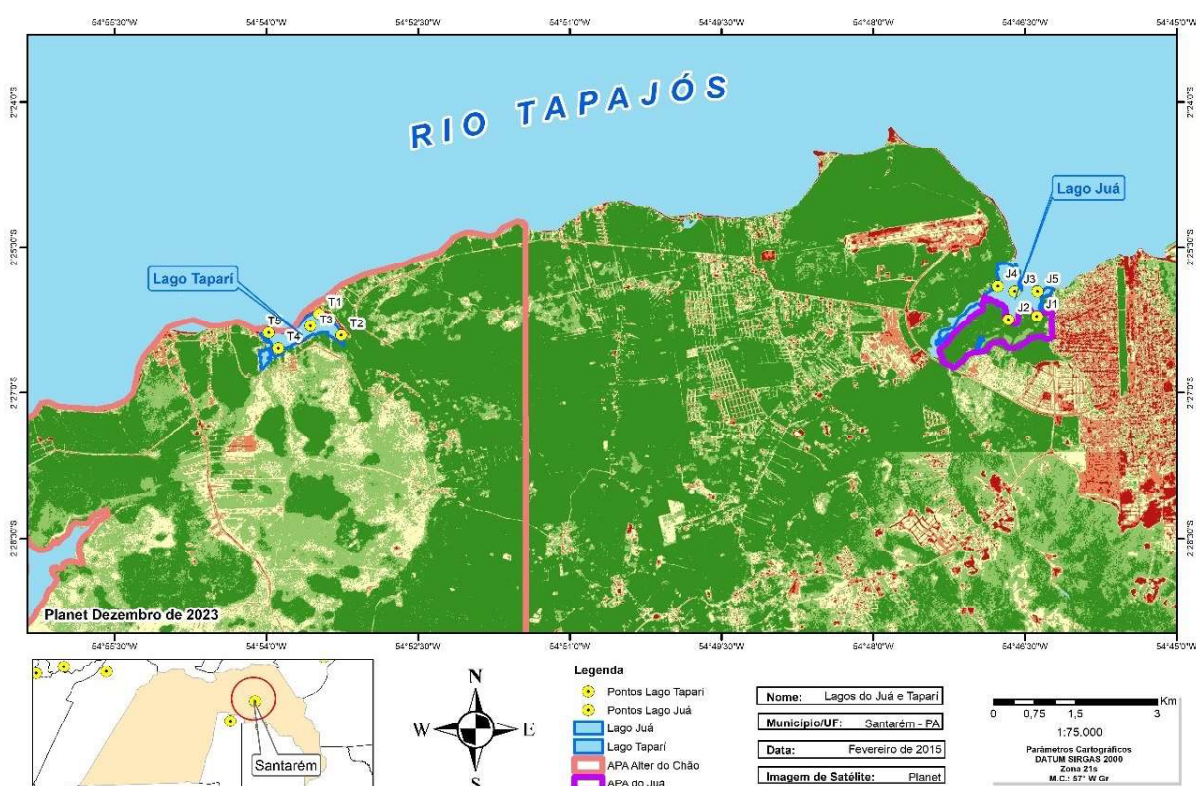
Assim, este estudo foi realizado nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá, localizados em áreas de expansão urbana do município de Santarém, oeste do Estado do Pará, com os objetivos de: 1) analisar o efeito da variação temporal (estações chuvosa e menos chuvosa e fases hidrológicas: enchente, águas altas, vazante e águas baixas) e espacial (horizontal) na concentração de nutrientes e qualidade da água, por meio de variáveis físico-químicas e microbiológicas; 2) avaliar a adequação da qualidade da água em comparação aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005 para corpos de água, classe 2; e 3) acompanhar interferências ou não das características limnológicas em ambos os lagos sobre os padrões de qualidade da água e, discuti-los em relação a outros estudos realizados na região.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado nos lagos de inundação da bacia do rio Tapajós, Tapari e Juá, localizados em área de expansão urbana do município de Santarém, Oeste do Pará (Figuras 11).

Figura 11 – Mapa de localização do lago Juá e Tapari com determinação dos pontos de coleta.



Fonte: CARDOSO, 2025.

Os dois lagos são de águas claras, estão localizados à margem direita do rio Tapajós, sendo possível perceber a margem de areia e o canal que ambos têm para o contato do rio, exercendo influência ao longo do ciclo hidrológico.

O lago Tapari mostra-se visivelmente mais íntegro, é utilizado para atividades recreativas, como banho e pesca, e suas regiões adjacentes permanecem relativamente conservadas. Por outro lado, o lago Juá enfrenta múltiplos impactos antrópicos, como desmatamento, assoreamento e erosão de áreas marginais.

Adicionalmente, o lago Juá sofre com ocupações irregulares, empreendimentos imobiliários e habitacionais (CARDOSO et al., 2021; CORRÊA et al., 2018).

O regime hídrico na Amazônia é regulado pelo pulso de inundação unimodal que reflete fases de níveis da água, altos e baixos, e dois períodos intermediários, sendo um de enchente e outro de vazante (BENTES et al., 2018; BITTENCOURT; AMADIO, 2007). Desta forma, como consequência das oscilações nos níveis da água do rio Tapajós ao longo de um ano, observa-se essas quatro fases influenciando os lagos em estudo, a saber: enchente, águas altas, vazante e águas baixas.

Em período de águas baixas, os lagos apresentam menor volume de água e podem ou não ter comunicação com o rio. Já no período de águas altas, são observadas características, geralmente, opostas às de águas baixas, destacando-se grande aporte de água dos rios para os ambientes lacustres, o que pode tornar suas características limnológicas mais homogêneas, segundo a hipótese de homogeneização proposta por Thomaz, Bini e Bozelli (2007).

Assim, considerando os quatro períodos hidrológicos supracitados, foram estabelecidos cinco pontos de coletas em cada lago, identificados com as letras J em se tratando do lago Juá e T em referência ao lago Tapari. A variação periódica do nível das águas do rio Tapajós foi considerada, visto que a dinâmica ecológica da planície de inundação amazônica é fortemente modulada pela oscilação sazonal do nível da água (CARDOSO et al., 2018).

Os pontos de coleta no lago Juá foram determinados com base em estudos já realizados por Pena (2016) e Cardoso (2018), levando-se em consideração as áreas de influência natural e antrópica do entorno do lago. No lago Tapari, seguiu-se o mesmo procedimento de delimitação dos pontos de coleta do lago Juá (Tabela 2).

Tabela 2 – Identificação, coordenadas e descrição dos pontos de coleta em cada lago.

Pontos de coleta	Coordenadas	Descrição
J1	S: 02°26'12.3" / W: 054°46'23.4"	Margem direita do lago (próximo aos empreendimentos)
J2	S: 02°26'14.4" / W: 054°46'39.8"	Canal próximo à desembocadura do igarapé de Cucurunã
J3	S: 02°25'57.2" / W: 054°46'36.2"	Centro do lago
J4	S: 02°25'53.9" / W: 054°46'46.1"	Próximo à galeria de escoamento das águas pluviais da pista do aeroporto
J5	S: 02°25'57.1" / W: 054°46'22.6"	Canal de desembocadura do lago para o rio Tapajós
T1	S: 02°26'10.9" / W: 054°53'28.6"	Margem direita do lago (próximo às habitações)
T2	S: 02°26'24.2" / W: 054°53'15.6"	Canal próximo à desembocadura do igarapé
T3	S: 02°26'18.4" / W: 054°53'33.8"	Centro do lago
T4	S: 02°26'32.3" / W: 054°53'53.0"	Canal próximo a desembocadura do lago Preto
T5	S: 02°26'22.6" / W: 054°53'58.6"	Canal de desembocadura do lago para o rio Tapajós

Fonte: CARDOSO, 2025.

5.2.2 Coleta e análise de dados

O período amostral foi de 12 meses de coleta em ambos os lagos, ocorrendo de janeiro a dezembro do ano de 2021. Para distribuir as fases hidrológicas ao longo dos meses, utilizou-se dados quantitativos da estação hidrometeorológica de Santarém, correspondentes ao nível da água do rio Tapajós, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2016), no período de 2000 a 2015, que foram ajustados conforme Bentes et al. (2018), da seguinte forma:

- 1) "enchente" - compreendem níveis entre 3,0 e 7,0 m (janeiro, fevereiro, março), com um vetor ascendente;
- 2) "águas altas" - compreendem níveis acima de 7,0 m (abril, maio e junho);
- 3) "vazante" - compreendem níveis variáveis entre 7,0 m e 3,0 m (julho, agosto e setembro), com um vetor descendente;
- 4) "águas baixas" - compreendem níveis de água inferiores a 3,0 m (outubro, novembro e dezembro).

Para efetivação da coleta de dados nos referidos lagos, seguiu-se os critérios técnicos constantes no protocolo analítico da normalização técnica da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (1988), quanto a coleta, armazenamento, conservação e prazo para análises de água superficial.

Um total de 18 variáveis foram mensuradas, a saber: condutividade, temperatura, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, turbidez, profundidade, transparência, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, amônia, nitrato, nitrito, clorofila total, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos totais dissolvidos. As seis primeiras variáveis foram determinadas em aparelho multiparâmetro EcoSense DO200A e os valores referentes a profundidade e a transparência da água foram obtidos com o uso do disco de secchi.

Os resultados das demais variáveis foram estimados por meio de análises laboratoriais, realizadas no Laboratório de Biologia Ambiental, da Universidade Federal do Oeste do Pará, campus Rondon, em Santarém, Estado do Pará. As variáveis foram analisadas conforme as normas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da USEPA (APHA, 2012).

A Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) foi empregada para investigar possíveis diferenças nas variáveis ambientais entre as categorias, tais como fases hidrológicas, lagos e pontos de coleta, seguida por comparações pareadas entre cada par dessas categorias. O coeficiente de determinação (R^2) fornecido pela PERMANOVA indicou a magnitude do efeito da categoria sobre as variáveis ambientais.

Para a PERMANOVA, utilizou-se uma matriz de distância euclidiana calculada a partir de 16 variáveis ambientais padronizadas pelo método do escore Z (GOTELLI; ELLISON, 2013). Testou-se a hipótese nula de ausência de diferenças entre as categorias utilizando um método de Monte Carlo, com 9.999 permutações aleatórias. Para visualizar as discrepâncias nas variáveis ambientais entre as categorias, utilizou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA). E assim como no trabalho de Sahoo et al. (2017), a PCA foi utilizada para avaliar a similaridade entre lagos e os principais fatores que controlam a qualidade da água em relação as variáveis ambientais analisadas.

Um modelo aleatório de Broken-stick foi aplicado para determinar quais componentes principais seriam retidos para análise, mantendo apenas aqueles que descreviam os principais gradientes de variação do habitat (JACKSON, 1993). Calculou-se correlações entre as variáveis ambientais e os eixos PCA para quantificar a contribuição de cada variável de habitat para os eixos PCA individuais (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

Para avaliar a heterogeneidade ambiental dentro das categorias, foi empregada a técnica de permutação para homogeneidade de dispersões multivariadas (permDISP). Calculou-se, para a matriz de resposta (matriz ambiental), a distância de cada categoria ao centroide do seu grupo (onde cada grupo é um fator, por exemplo, categoria lago, com os fatores lago Juá e lago Tapari). Quanto maior a distância média ao centroide, maior será a dispersão entre as categorias dentro de um determinado fator (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006). Portanto, a distância média ao centroide em cada fator foi utilizada como medida de heterogeneidade ambiental. A significância das diferenças entre grupos foi testada por meio de permutação de resíduos de mínimos quadrados (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006), realizando 9.999 permutações.

Foram considerados estatisticamente significativos os valores de $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas no *software R*, versão 4.0.4 (R CORE TEAM,

2016), utilizando os pacotes "mass" (VENABLES; RIPLEY, 2002), "mgcv" (WOOD, 2006), "stats" (R CORE TEAM, 2016), "pairwiseAdonis" (ARBIZU, 2019) e "vegan" (OKSANEN et al., 2016) para as análises multivariadas.

Os resultados das variáveis analisadas foram comparados às disposições da legislação ambiental em vigor correlata, a Resolução nº 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), em relação a corpos de água, classe 2.

5.3 Resultados e Discussão

As concentrações médias para as dezesseis variáveis indicadoras de qualidade da água estão apresentadas na Tabela 3, por fases sazonais (enchente, águas altas - AA, vazante e águas baixas - AB), quando comparados aos valores permissíveis para águas superficiais na Resolução nº 357/2005.

Tabela 3 – Comparação dos valores médios das variáveis físicas, químicas e biológicas em cada fase hidrológica nos lagos Juá e Tapari, Pará, Brasil, com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA/2005 (CONAMA).

Variável	Juá				Tarapi				CONAMA
	Enchente	AA	Vazante	AB	Enchente	AA	Vazante	AB	
Profundidade (m)	4.08	5.63	4.01	1.79	3.92	5.64	3.43	1.21	Não faz referência
Temperatura (°C)	28.69	29.91	29.83	28.69	29.16	30.08	30.65	29.73	Não faz referência
pH	5.54	5.56	4.56	4.74	6.09	5.54	5.36	5.77	6,0 a 9,0
Transparência (m)	1.07	1.95	1.96	0.85	1.11	1.97	2.25	0.96	Não faz referência
Turbidez (UNT (2))	26.65	18.52	17.12	30.20	23.25	20.56	14.49	22.23	≤ 100
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	11.46	13.84	13.65	12.57	10.93	12.77	13.99	8.65	Não faz referência
NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0.60	0.50	0.41	0.49	0.60	0.68	0.35	0.31	≤ 10
NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0.00	0.08	0.08	0.07	0.01	0.09	0.08	0.07	≤ 1,0
NH ₃ (mg.L ⁻¹)	0.28	0.20	0.08	0.06	0.24	0.37	0.15	0.09	≤ 3,7
P Total (mg.L ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	≤ 0,30
OD (mg.L ⁻¹ O ₂)	5.47	5.49	5.63	6.16	5.75	5.76	5.89	6.24	> 5,0
DBO (mg.L ⁻¹ O ₂)	2.98	0.67	1.26	1.37	1.53	0.73	1.23	1.21	≤ 5,0
Clorofila Total (µg.L ⁻¹)	8.01	2.37	2.30	1.71	3.51	1.12	1.72	2.54	≤ 30
<i>E. Coli</i> (UFC (3))	73.33	86.67	166.67	546.67	0.00	6.67	160.00	73.33	Não faz referência
CT (UFC (3))	4902.67	7013.33	4586.67	23113.33	6060.00	2373.33	4273.33	2853.33	≤ 1.000/100ml
STD (mg/L)	43.11	36.89	19.22	106.23	65.94	11.23	12.16	44.36	Não faz referência

Fonte: CARDOSO, 2025.

Os resultados obtidos nos referidos lagos demonstraram conformidade com a legislação ambiental brasileira, entretanto, faz-se necessária uma adequação dos valores permissíveis à realidade da região amazônica, que apresenta características físicas, químicas e biológicas peculiares, influenciadas pela interação floresta-água e

pela dinâmica fluvial local, contrariando assim alguns indicadores de qualidade da água da Resolução n° 357 do CONAMA. Essa narrativa também é reforçada no estudo de Monte et al. (2021).

Em linhas gerais, variáveis ambientais como o pH, que de acordo com o CONAMA deve está na faixa de 6,0 e 9,0, no presente estudo as águas apresentaram-se ácidas, com valores médios de 4,74 no período de águas baixas no lago Juá, e 5,36 no período de vazante no lago Tapari, corroborando com os resultados obtidos por Aguiar et al. (2014), Souza-Filho, Hortencio-Batista e Albuquerque (2019), e Monte et al. (2021), que afirmam que as concentrações e características ácidas dos ecossistemas aquáticos amazônicos ocorrem devido a influência da decomposição de material orgânico composto por ácidos húmicos e fúlvicos, nas microbacias amazônicas.

A Resolução n° 357 do CONAMA também não faz referência quantos as unidades formadoras de colônia de *Escherichia coli*, o que é um equívoco. Entretanto, para o uso das águas com fins de recreação de contato primário, recomenda-se a aplicabilidade da Resolução n° 274/00 do CONAMA como zelo à saúde humana (BRASIL, 2000). Para concentrações de unidades formadoras de colônia de coliformes termotolerantes, o valor não deve exceder 1000 NMP a cada 100 ml em 80% de amostras analisadas, durante o período de um ano.

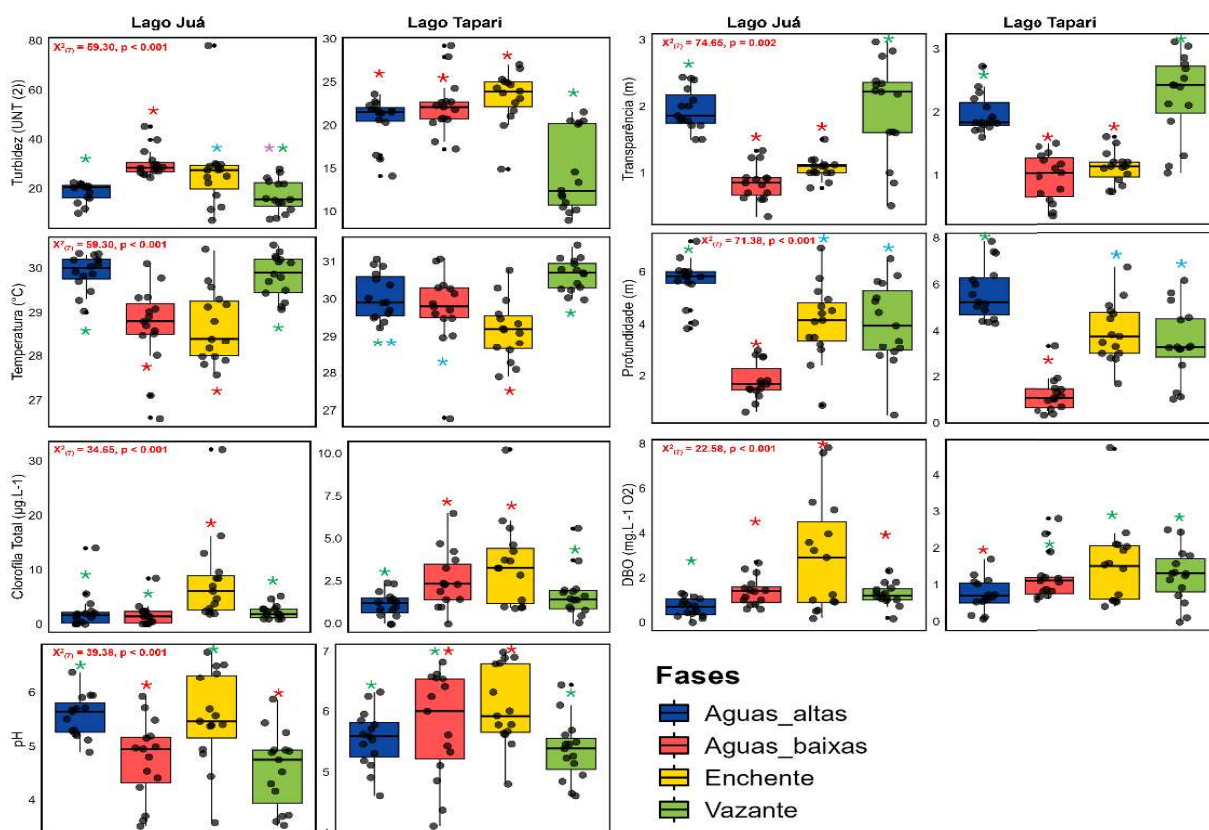
Para ambas variáveis, as maiores médias foram observadas no período de águas baixas no lago Juá, coliformes termotolerante com 23113,33 UFC e *Escherichia coli* com 546,67 UFC. Vale ressaltar que níveis elevados de coliformes termotolerantes indicam contaminação fecal e são uma medida das condições higiênico-sanitárias do corpo hídrico (DUVOISIN et al., 2024), podendo estar relacionados neste estudo, ao uso e ocupação do solo, com lançamento de efluentes sanitários no corpo receptor.

Embora os períodos hidrológicos não sejam levados em consideração na legislação vigente, estudos mais aprofundados correlacionando-os são necessários. Para Nascimento et al. (2022), a ausência da correlação do aspecto da sazonalidade, assim como de outros aspectos eco regionais do bioma amazônico, pode levar a uma interpretação incorreta ou superficial dos dados.

Por sua vez, a análise estatística dos dados mostrou que houve diferenças significativas nas variáveis ambientais ao longo das fases hidrológicas (Pseudo F = 15,32; $p < 0,001$) e entre os dois lagos em diferentes fases hidrológicas (Pseudo F =

2,76; $p < 0,001$). Das 16 variáveis analisadas, 7 foram identificadas como as mais relevantes (apresentando alta correlação com os eixos $\geq 0,6$) para explicar a variabilidade limnológica nos lagos (Figura 12).

Figura 12 – Variação ao longo das fases hidrológicas das sete variáveis mais importantes para explicar a variabilidade limnológica dos lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Os asteriscos de cores diferentes indicam diferenças significativas entre as fases hidrológicas.



Fonte: CARDOSO, 2025.

As condições limnológicas dos lagos foram dependentes das fases hidrológicas, como as variáveis: pH, clorofila-a, temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, profundidade, transparência ao disco Secchi (Figura 12).

O pH apresentou-se com valores de 4,74 para o lago Juá durante águas baixas e 5,36 para o lago Tapari na vazante. A composição química ácida do pH em ambientes lacustres pode ser justificada quanto a aspectos específicos da limnologia local devido sua conectividade com pequenos igarapés (SILVA et al., 2018), e em função da presença de matéria orgânica da floresta em decorrência de substâncias

húmicas que se originam da decomposição da serapilheira florestal (FERREIRA et al., 2021).

Em relação aos dados de clorofila-a, o lago Juá teve a maior concentração, atingindo ($8,01 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto o Tapari ficou com ($3,51 \mu\text{g.L}^{-1}$), no período de enchente. De acordo com Silva, Peleja e Melo (2019), foram registrados valores de clorofila-a de até ($6,9 \mu\text{g.L}^{-1}$) após precipitações, que são mais frequentes durante o período de enchente e início da fase de águas altas, fato este que é resultante de fontes difusas na bacia do rio Tapajós devido o transporte de matéria orgânica para o leito do rio, o que contribui para o surgimento de florações de cianobactérias.

As análises indicaram que as temperaturas nos dois lagos apresentaram similaridade durante o período de enchente. Valores semelhantes também foram registrados por Ramos, Wachholz e Silva Neto (2020) quando avaliaram a qualidade da água do lago Catalão, localizado na cidade de Manaus, no Estado do Amazonas, onde a temperatura variou entre $28,7^{\circ}\text{C}$ a $29,4^{\circ}\text{C}$, e por Coelho et al. (2024), em um estudo também realizado nos lagos Tapari e Juá.

Estudo realizado por Miranda et al. (2017) na microbacia do rio Parafuso, na região Moju, no Estado do Pará, demonstrou que a temperatura da água é influenciada pelo horário da coleta e pelo período sazonal. Os ambientes aquáticos amazônicos, de forma geral, são caracterizados por apresentarem altos valores de temperatura, apresentando oscilações temporais influenciadas pelo regime de chuvas na região. Localmente, a cobertura vegetal no entorno associado ao uso do solo também pode afetar os valores de temperatura em uma escala espacial (RAMOS; WACHHOLZ; SILVA NETO, 2020).

Durante a pesquisa, notou-se que a turbidez foi mais acentuada no lago Juá durante a fase de águas baixas, com um valor de 30,20 UNT. Por outro lado, o lago Tapari destacou-se na enchente, com 23,25 UNT. Monte et al. (2021) identificaram discrepâncias com a legislação em certas áreas da microbacia do Juá, possivelmente devido ao escoamento de esgoto doméstico para o lago.

No estudo realizado por Miranda et al. (2017) na microbacia do rio Parafuso, a turbidez apresentou-se mais elevada no período de águas baixas (25,95 UNT) em decorrência da diminuição caudal de água do rio, e da presença de material em suspensão (argilas, colóides, matéria orgânica). Nesse aspecto, a ação do vento e a profundidade são fatores determinantes na sedimentação no leito do lago, pois em situações de pouca profundidade (nível da água), o movimento da água e do ar

resulta em turbulência, causando a ressuspensão dos sedimentos (BARROS; GUIMARÃES; SANTANA, 2018).

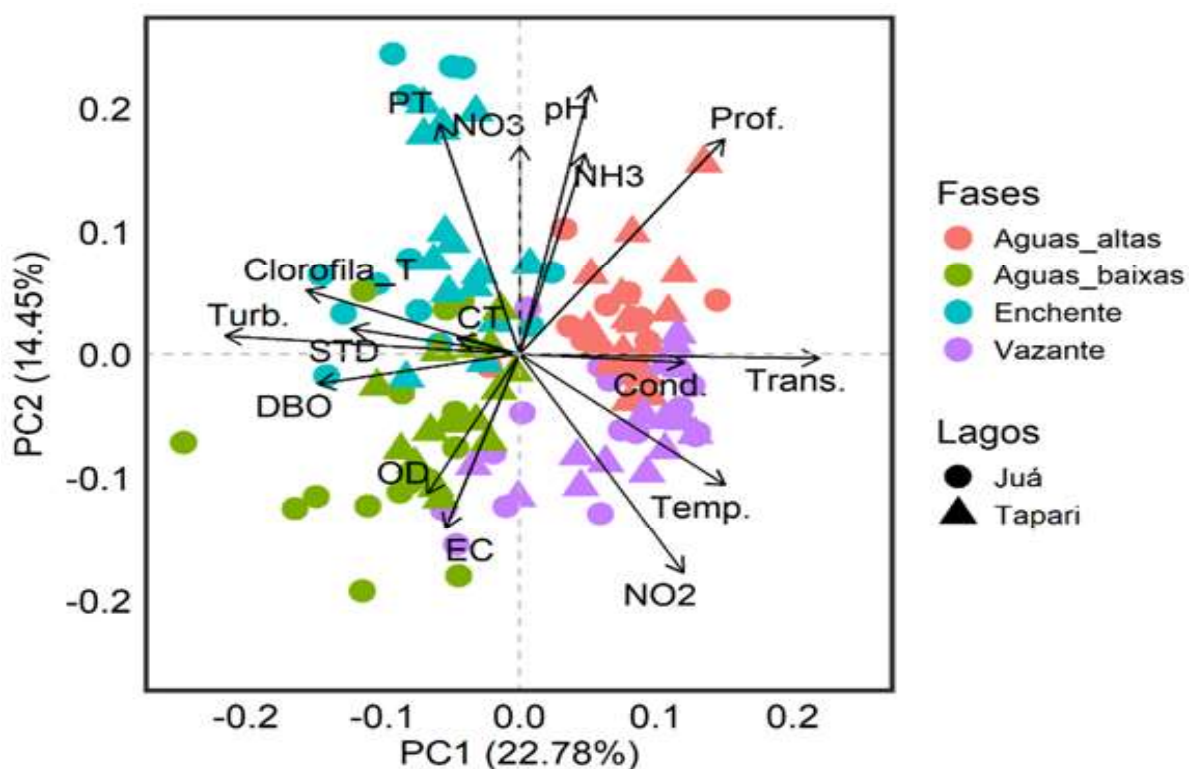
No estudo de Medeiros e Santos (2024), alguns dos fatores para a alta turbidez foram os processos erosivos e os indícios de assoreamento nas margens dos mananciais que abastecem o rio Pindaré, no Estado do Maranhão.

Quanto às concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), notou-se um aumento no lago Juá durante a enchente. Segundo Ferreira et al. (2021), as variações climáticas têm um impacto moderado na qualidade da água, por exemplo, temperaturas elevadas e um volume maior de precipitações favorecem a ciclagem de nutrientes orgânicos e a decomposição de matéria, favorecendo positivamente nas taxas de DBO. Os autores também sugerem que a contribuição de fontes antrópicas, como efluentes domésticos nas proximidades, aliadas a chuvas intensas, potencializam a eutrofização e a atividade biológica (FERREIRA et al., 2021).

As maiores profundidades dos lagos foram observadas quando o nível das águas estava elevado, enquanto as menores ocorreram nas águas baixas. O Secchi, é uma medida de transparência e apresentou dados semelhantes nos lagos durante os períodos de vazante e de águas baixas. O rio Tapajós exibe taxas elevadas de transparência, temperatura da água e concentração de oxigênio distribuída em virtude do relevo mais regular que oferece menores taxas de erosão e águas mais límpidas, características típicas de rios de águas claras (CAJADO et al., 2020). Esse aspecto é semelhante ao que ocorre no lago Catalão, em que as condições limnológicas são controladas principalmente por variações sazonais e, em menor grau, espaciais no regime hidrológico dos principais canais dos rios (BRITO et al, 2014).

As fases hidrológicas explicaram a maior parte (27%) da variabilidade dos dados. Os dois primeiros eixos da PCA representaram aproximadamente 40% da variação ambiental e foram retidos para avaliação. As condições limnológicas dos lagos foram dependentes das fases hidrológicas. A clorofila total, turbidez e DBO foram associadas às fases de águas baixas e enchente em ambos os lagos, enquanto a temperatura e a transparência foram mais elevadas na vazante e águas baixas. Os lagos estavam mais profundos nas águas altas e apresentaram pH mais básico na enchente (Figura 13).

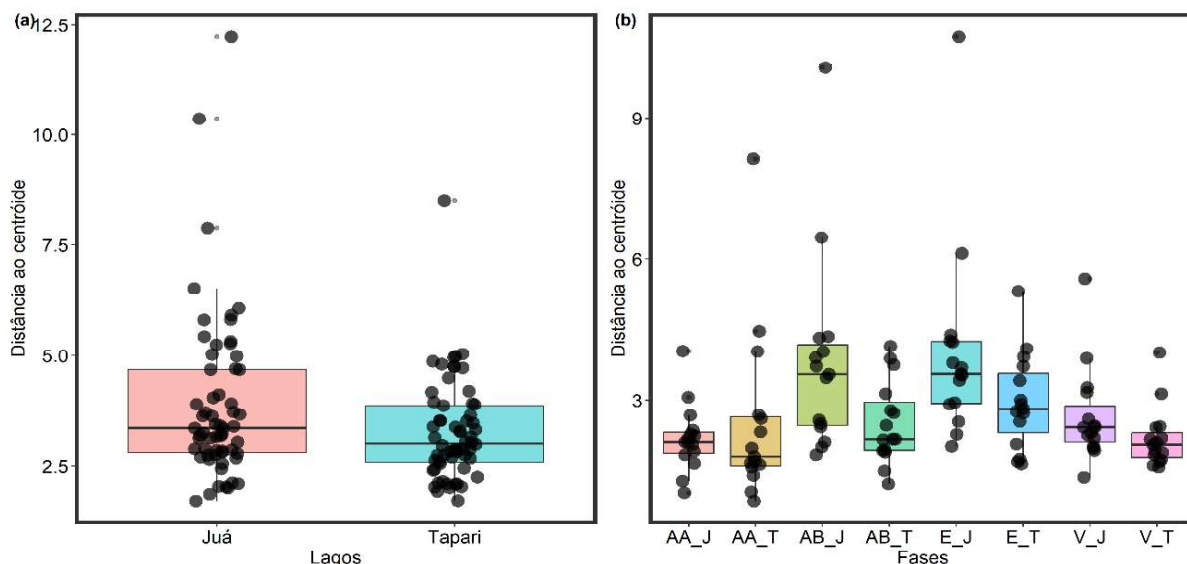
Figura 13 – Análise de Componentes Principais (PCA) dos dois primeiros eixos, resumindo as variações nas características limnológicas ao longo das fases hidrológicas e lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Abreviações: EC = *Escherichia coli* (UFC (3)); CT = Coliformes Totais (UFC (3)); Profund. = Profundidade (m); Temp. = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); pH = potencial hidrogeniônico; Transp. = Transparência (m); Cond. = Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); NH_3 = Amônia (mg.L^{-1}); NO_3 = Nitrato (mg.L^{-1}); NO_2 = Nitrito (mg.L^{-1}); PT = Fósforo Total (mg.L^{-1}); OD = Oxigênio Dissolvido ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$); DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$); Clorofila_T = Clorofila Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); SDT = Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L^{-1}).



Fonte: CARDOSO, 2025.

O lago com maior influência humana (lago Juá) apresentou maior heterogeneidade ambiental em comparação com o lago Tapari (Pseudo $F = 4,95$; $p = 0,029$). As fases hidrológicas “enchente” e “águas baixas” apresentaram maior heterogeneidade ambiental em ambos os lagos (Pseudo $F = 3,70$; $p = 0,004$), conforme a (Figura 14).

Figura 14 – Dispersão multivariada dos valores de distâncias para os centroides de grupo calculados pelo PERMDISP, representando a heterogeneidade ambiental entre os lagos (a) e as fases hidrológicas em cada lago (b), das condições limnológicas dos lagos Juá e Tapari, na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. AA_J = Águas altas Juá; AA_T = Águas altas Tapari; AB_J = Águas baixas Juá; AB_T = Águas baixas Tapari; E_J = Enchente Juá; E_T = Enchente Tapari; V_J = Vazante Juá; V_T = Vazante Tapari.



Fonte: CARDOSO, 2025.

Em pesquisa realizada em seis córregos da bacia do rio Teles Pires, foi analisada a variação espaço-temporal da qualidade da água, constatando-se que as sub-bacias mais afetadas tinham as atividades antrópicas desmatamento e sazonalidade como os principais responsáveis pela deterioração da qualidade da água, que resultavam no escoamento superficial gerado pela conexão hidrológica lateral e pelo intemperismo, tanto natural, quanto provocado pelo homem (PRADO et al., 2021).

Ao analisar os índices qualidade da água do lago Tapari, Coelho et al. (2024) encontraram valores superiores aos do lago Juá, que podem ser justificados pelo fato do lago Tapari ser um ambiente ainda pouco afetado pela ação humana, apresentando aspectos de integridade ambiental e conservação ao longo de suas margens. Em contraste, o lago Juá está localizado em área de expansão urbana do município de Santarém, sofrendo os impactos diretos e indiretos da ocupação desordenada nas proximidades e do avanço de projetos imobiliários.

Lemos et al. (2024) analisaram a qualidade das águas das praias do município de Santarém, e atribuíram o declínio da qualidade da água nas praias

mais próximas à urbanização, à influência das operações portuárias e das pequenas embarcações. Ferreira et al. (2021) também verificaram que a presença humana e urbana provocou alterações significativas na geoquímica das águas da sub-bacia do Tarumã-Açu, localizada no Estado do Amazonas.

Aguiar et al. (2014) ressaltam que os diferentes tipos de uso da terra e o tamanho da área de drenagem são elementos significativos que podem contribuir para alterações nas variáveis físico-químicas como temperatura, turbidez e pH, todas fundamentais para a vida aquática.

De acordo com Oliveira et al. (2022), o lago Juá tem um histórico de distúrbios decorrentes de atividades antrópicas em sua área florestal adjacente, que modificaram a paisagem e alguns de seus parâmetros limnológicos, comprometendo a prestação de serviços ecossistêmicos e gerando prejuízos socioeconômicos à população local.

Vale ressaltar que o lago Tapari está situado na Área de Proteção Ambiental de Alter do Chão (APA Alter do Chão), criada em 2003, e o lago Juá em limite com a Área de Proteção Ambiental do Juá (APA do Juá), criada em 2012 (BRASIL, 2003, 2012).

Neste contexto, muito embora se reconheça a importância de criação das APAs, percebe-se que a sustentabilidade da APA do Juá, e consequentemente do lago, não têm sido garantidas, e os interesses e relações de poder existentes, configuram-se em um desafio para estabelecer um equilíbrio nas relações entre os diferentes atores sociais, envolvidos no ambiente interno e externo à APA (CARDOSO et al., 2021).

Em geral, maior parte dos resultados obtidos nos referidos lagos demonstraram conformidade com a legislação, mas faz-se necessária uma adequação na legislação ambiental brasileira para a realidade local, sobretudo, se tratando da realidade amazônica, em que a gestão da qualidade da água torna-se importante. Nessa perspectiva, a realização deste estudo visa oferecer informações pertinentes às características e os efeitos de ações antrópicas e naturais sobre os corpos aquáticos, que poderão ser utilizados pelo poder público na gestão dos recursos hídricos locais e da região do baixo Amazonas, fornecendo elementos científicos para confrontar os valores permissíveis do CONAMA quando considerados os ambientes amazônicos.

5.4 Considerações Finais

De acordo com os dados obtidos, os valores em conformidade no lago Tapari podem estar relacionados às condições de conservação da vegetação marginal, à presença de floresta nativa e ao efeito diluidor do lago que recebe contribuição de diversos tributários ao longo do seu curso.

Por sua vez, o decaimento nos valores dos índices de qualidade da água no lago Juá podem ser atribuídos às áreas de influência antrópica mais acentuadas entorno do lago. As estações de coleta J1 e J4 do lago Juá foram as que apresentaram os maiores valores de pH, OD, turbidez, nitrogênio amoniacal, fósforo, clorofila-a e variáveis microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*), valores estes mais elevados quando comparados aos dos outros pontos de coleta no lago e entre os lagos, apontando que a ocupação do entorno contribui para um cenário de degradação ambiental. A saber, o ponto J1 é o que mais recebe efluentes urbanos diretos à instalação de empreendimentos habitacionais (Residencial Salvação e Residencial Cidade Jardim – Buriti), e o ponto J4 é o mais próximo à galeria de escoamento das águas pluviais da pista do aeroporto do município de Santarém, Pará.

Assim, a hipótese norteadora quanto a existência de heterogeneidade nas condições ambientais tanto entre os dois lagos, quanto dentro de cada lago, ao longo das fases hidrológicas (enchente, águas altas, vazante e águas baixas), das estações temporais (chuvosa e menos chuvosa), e dos diferentes pontos de amostragem, foi testada e aprovada como verdadeira.

Os resultados obtidos quando comparados a legislação ambiental correlata demonstraram-se em conformidade, o que abre precedentes para se pensar na adequação da legislação nacional vigente à realidade da região amazônica e sua diversidade natural, que muitas vezes difere de outras regiões do país e que tornam os resultados vulneráveis à determinação de conformidade e à comparação com os dados de outros ambientes no Brasil. Chama-se atenção para elaboração de diretrizes legais que estejam em consonância com os valores nacionais permissíveis, sem detrimento das particularidades regionais.

Diante do exposto, analisando temporalmente e espacialmente, verifica-se a necessidade de estudos periódicos mais aprofundados sobre a relação da concentração de nutrientes, conservação da qualidade hídrica e da biodiversidade

em lagos, que permitam avaliar as respostas dos ambientes aquáticos aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência.

Referências Bibliográficas

ABREU, C. H. M. de; CUNHA, A. C. da. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: revisão descritiva. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, p. 119-131, 2015.

AGUIAR F. C.; SEGURADO, P.; URBANIC, G.; CAMBRA, J.; CHAUVIN, C.; CIADAMIDARO, S.; DÖRFLINGER, G.; FERREIRA, J.; GERM, M.; MANOLAKI, P.; MINCIARDI, M. R.; MUNNÉ, A.; PAPASTERGIADOU, E.; FERREIRA, M. T. Comparability of river quality assessment using macrophytes: a multi-step procedure to overcome biogeographical differences. **Science of the Total Environment**, v. 476-477, p. 757-767, 2014.

ALMEIDA, F. F.; MELO, S. Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – Estado do Amazonas, Brasil). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 387-395, 2009.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos**: avaliações e diretrizes para adaptação. Brasília: GGES, 2016.

ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology Letters**, v. 9, p. 683-693, 2006.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: American Public and Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, 2012. 1360 p.

ARBIZU, P. M. **Pairwise Adonis**: pairwise multilevel comparison using adonis. R package version 0.3, 2019.

BARROS, A.; GUIMARÃES, V.; SANTANA, W. S. C. Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana, MS. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 54, p. 630-649, 2018.

BENTES, K. L. S.; OLIVEIRA, L. L.; ZACARDI, D. M.; BARRETO, N. de J. da C. A relação entre a variação hidrológica e os recursos pesqueiros no baixo Amazonas, Santarém, Pará (The Relationship between Hydrologic Variation and Fishery Resources at the Lower Amazon, Santarém, Pará). **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1478-1489, 2018.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **ACTA Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 303-308, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define critérios de

balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Lei Municipal nº 17.771, de 02 de julho de 2003. Cria a Área de Proteção Ambiental de Alter-do-Chão, no Município de Santarém, Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Lei Municipal nº 19.206, de 28 de dezembro de 2012. Cria a Área de Proteção Ambiental do Juá, no Município de Santarém, Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2012.

BRITO, J. G.; ALVES, L. F.; ESPIRITO-SANTO, H. M. V. Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 121-134, 2014.

CAJADO, R. A.; SILVA, F. K. S.; OLIVEIRA, L. S.; ZACARDI, D. M. Efeito das características limnológicas dos rios Tapajós e Amazonas sobre a variabilidade na composição e abundância das larvas de peixes (Pará-Brasil). **Jornal Aplicado em Hidro-Ambiente e Clima**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2020.

CARDOSO, M. C. **Transformações socioambientais e espaço natural: o caso do lago do Juá, Santarém – PA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida) - Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa, Santarém - PA, 2018.

CARDOSO, M. C.; SILVA, R. E.; SILVA, A. D. B.; CHIBA, H. S. A. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. **O Social em Questão**, n. 40, p. 309-332, 2018.

CARDOSO, M. C.; GUIMARÃES, J. L. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S. Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise a partir de três ecossistemas lacustres, em Santarém, Estado do Pará. In: MELO, S.; BRASILEIRO, T. S. A. B. (Orgs.). **Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia**, v. 2, Curitiba: CRV, 2020. p. 81-96.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; COSTA, I. C. N. P.; VIEIRA, T. A. Anthropogenic Actions and Socioenvironmental Changes in Lake of Juá, Brazilian Amazonia. **Sustainability**, v. 13, 9134, 2021.

CARDOSO, M. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S.; ALVES, H. S. Impactos socioambientais em lagos: análise cientométrica da produção científica no Brasil no período de 2006 a 2021. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 15, n. 1, p. 77-95, 2024.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1988.

COELHO, G. V. S.; OLIVEIRA, C. V.; CARDOSO, M. C.; LIMA, F. C. C.; LEMOS, E. J. S.; MELO, S.; GOCH, Ynglea G. F.; PELEJA, J. R. P. Qualidade da água e índice de estado trófico de lagos associados ao rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 05, p.3450-3466, 2024.

CORRÊA, J. M. S.; ROCHA, M. dos S.; SANTOS, A. A. dos; SERRÃO, E. de M.; ZACARDI, D. M. Caracterização da pesca artesanal no Lago do Juá, Santarém, Pará. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, p. 61-74, 2018.

DRUMOND, S. N.; SANTIAGO, A. F.; MOREIRA, M.; LANNA, M. C. S.; ROESER, H. M. P. Identificação molecular de *Escherichia coli* diarreiogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Rio Doce. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 579-590, 2018.

DUVOISIN, S.; ALBUQUERQUE, P. M.; dos BANHOS, E. F.; OLIVEIRA, R. L.; BATISTA, C. E.; RIBEIRO, I. O.; LOIOLA, S. K. S. de; NETA, A. S. C.; MORAES, C. R. F. Hydrographic Basins in the City of Manaus, Amazonas, Brazil: Monitoring of the Water Quality in the São Raimundo Basin Between 2020 and 2021. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 235, n. 191, 2024.

FERREIRA, S. J. F.; PINEL, S.; RÍOS-VILLAMIZAR, E. A.; MIRANDA, S. A.L, A. R. T.; MONTEIRO, M. T. F.; SILVA, M. S. R.; CUNHA, T. R. B.; SANTOS, A. S.; BENDER, S.; CUNHA, H. B. Impacto f rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 8, p. 316-331, 2021.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **A primer of ecological statistics**. 2 ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc, 2013. 614 p.

JACKSON, D. A. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology**, 74, p. 2204-2214, 1993.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier, 2012. 419 p.

LEMOS, E. J. S.; PELEJA, J. R. P.; GOCH, Y. G. F.; LIMA, F. C. C.; BACELAR, R. J. Índice trófico e qualidade da água balnear de praias no baixo rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Scientia Plena**, v. 20, n. 5, 2024.

LOPES, A. A.; PEREIRA, V. B.; AMORA-NOGUEIRA, L.; MAROTA, H.; MOREIRA, L. S.; CORDEIRO, R. C.; VANINI, G.; AZEVEDO, D. A. Composição da matéria orgânica sedimentar de hidrocarbonetos de diferentes lagos de várzea da Amazônia brasileira. **Geoquímica Orgânica**, v. 159, 104287, 2021.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008.

MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A. dos. Qualidade das águas, uso e cobertura da terra: subsídios para a gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Pindaré, Maranhão – Brasil. **Agua y Territorio**, v. 24, p. 187-201, 2024.

MIRANDA, C.; ROSA, L.; BONITO, J.; JÚNIOR, A.; VEIGA, N.; OLIVEIRA, F.; BARROS, B. Uso e qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Parafuso (Moju, Pará, Brasil). **Revista de Recursos Hídricos**, v. 38, n. 2, p. 51-62, 2017.

MONTE, C. N.; SALDANHA, E. C.; COSTA, I.; NASCIMENTO, T. S. R.; PEREIRA, M. S.; BATISTA, L. F.; PINHEIRO, D. C. The physical-chemical characteristics of surface waters in the management of quality in clearwater rivers in the Brazilian Amazon. **Water Policy**, v. 23, n. 5, p. 1303-1313, 2021.

MOURA, J. M. S.; MARTENS, C. S.; MOREIRA, M. Z.; LIMA, R. L.; SAMPAIO, I. C. G.; MENDLOVITZ, H. P.; MENTON, M. C. Spatial and seasonal variations in the stable carbon isotopic composition of methane in stream sediments of eastern Amazonia. **Tellus**, v. 60, n. 1, p. 21-31, 2008.

NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; CORRÊA, E. S.; COSTA, I.; BATISTA, L. F. The Seasonality of Contaminants in na Urbanized Microbasin in the Brazilian Amazon. **Water Air Soil Pollut**, v. 233, 412, 2022.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. H. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-1. **Retrieved**, 2016.

OLIVEIRA, L. S. de; CAJADO, R. A.; DOS SANTOS, L. R. B.; ZACARDI, D. M. Estrutura da comunidade ictioplanctônica em um lago de várzea Neotropical afetado pela degradação ambiental. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 1, e20201598, 2022.

PENA, Z. C. A. **Avaliação espacial e temporal das taxas de sedimentação do lago Juá, Santarém – Pará – Brasil**. 2016. 58f. Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos) - Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa, Santarém - PA, 2016.

PRADO, J. R. S.; FIGUEIREDO, D. M. de; DORES, E. F. G. de C.; HONGYU, K.; DELFINO, A. J. G.; RODRIGUES, D. V. B. Variação da qualidade da água em relação à sazonalidade e ao uso da terra no sul da Região Amazônica. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 43, p. 159-184, 2021.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

RAMOS, M. F. L.; WACHHOLZ, F.; SILVA NETO, J. C. A da. Qualidade dos recursos hídricos na comunidade flutuante Lago do Catalão, Iranduba-AM. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 98-115, 2020.

SAHOO, P. K.; GUIMARÃES, J. T. F.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; BOZELLI, R. L.; ARAUJO, L. R.; MENEZES, R. S.; LOPES, P. M.; SILVA, M. S.; RODRIGUES, T. M.; COSTA, M. F.; DALL'AGNOL, R. Características limnológicas e diversidade planctônica de cinco lagos tropicais de terras altas de Amazônia brasileira. **Annales de Limnologie-International Journal of Limnology**, v. 53, p. 467-483, 2017.

SILVA, I. B. B. da; PINTO, A. P. dos A.; MORTATI, A. F.; OLIVEIRA, L. L. de. Caracterização hidrológica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós (AM). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p.14-27, 2018.

SILVA, S. C. F.; PELEJA, J. R. P.; MELO, S. Flutuação temporal de cianotoxinas (Microcistina) no rio Tapajós (Santarém, Amazônia-Brasil). **Scientia Plena**, v. 15, n. 8, 082402, 2019.

SOUZA-FILHO, E. A. de; HORTENCIO-BATISTA, I.; ALBUQUERQUE, C. C. de. Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do Mindu em Manaus-Amazonas. **Revista Geográfica de América Central [Online]**, n. 63, p. 295-321, 2019.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R. L. Floods increase similarity among aquatic habitats in riverfloodplain systems. **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 1-13, 2007.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. 4 ed. New York: Springer, 2002. 498 p.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: An Introduction with R**. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2006.

6 CAPÍTULO IV

À BEIRA DO LAGO: UM OLHAR CONCEITUAL SOBRE OS LAGOS DE INUNDAÇÃO EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA⁴

⁴ O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

À BEIRA DO LAGO: UM OLHAR CONCEITUAL SOBRE OS LAGOS DE INUNDAÇÃO EM SANTARÉM, AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO: Este ensaio visual intitulado “À beira do lago: um olhar conceitual sobre os lagos de inundação em Santarém, Amazônia brasileira” retrata a pesquisa acadêmica de doutorado de Marcelia Castro Cardoso em imagens, com os objetivos de: 1) explorar a ecologia e o valor dos lagos de inundação no município de Santarém, localizado no oeste do Estado do Pará; 2) apresentar por meio de imagens a beleza cênica dos ecossistemas lacustres e os desafios frente às pressões antrópicas; e 3) destacar a necessidade de implementação de medidas de conservação. O ensaio está estruturado de forma a apresentar o município de Santarém e ecossistemas lacustres de suma importância para região, e representa um exercício de educação ambiental, que integra ciência, práticas sustentáveis e responsabilidade social, pois ao passo que reflete o compromisso em tornar o conhecimento científico acessível a sociedade civil, promove a sensibilização sobre a conservação dos ecossistemas naturais lacustres.

Palavras-Chave: Lagos Urbanos. Ações Antrópicas. Mudanças no Clima. Justiça Climática.

ABSTRACT: This visual essay entitled “By the lake: a conceptual look at floodplain lakes in Santarém, Brazilian Amazon” portrays Marcelia Castro Cardoso’s doctoral research in images, with the objectives of: 1) exploring the ecology and value of floodplain lakes in the municipality of Santarém, located in the western part of the state of Pará; 2) presenting through images the scenic beauty of lake ecosystems and the challenges faced by human pressures; and 3) highlighting the need to implement conservation measures. The essay is structured to present the municipality of Santarém and lake ecosystems of utmost importance to the region, and represents an exercise in environmental education that integrates science, sustainable practices and social responsibility, since it reflects the commitment to making scientific knowledge accessible to civil society, while promoting awareness about the conservation of natural lake ecosystems.

Keywords: Urban Lakes. Anthropogenic Actions. Climate Change. Climate Justice.

6.1 Introdução

Os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas lacustres estão entre os mais abundantes do planeta (Junk et al., 2014). Esses ambientes são importantes para a manutenção da vida no planeta, fornecem a sociedade desde água e alimentos até serviços ecossistêmicos complexos, bem como apresentam uma

biodiversidade característica, como conjuntos de microrganismos, peixes e outras espécies aquáticas importantes para o equilíbrio ecológico da Terra.

A presença das imagens na história social da humanidade advém da necessidade de construir registros, narrativas, histórias, memórias, sejam elas individuais ou coletivas, já que essa construção mobiliza o conceito de memória, por exemplo, os registros que os estados brasileiros Acre, Amapá, Amazonas e Pará tiveram sobre os menores índices de chuva desde 1980, entre os meses de julho e setembro de 2023 e 2024 (SARMENTO-PANTOJA, 2024).

Os ecossistemas aquáticos exercem funções essenciais, atuando como zonas de interface entre os processos hidrológicos regionais, a biodiversidade aquática e ripária, os sistemas de conhecimento das populações tradicionais e os diferentes modos de vida (CASTELLO et al., 2013; JUNK et al., 2010).

Entretanto, esses ecossistemas sofrem com os inúmeros impactos relacionados as mudanças climáticas, como estiagens prolongadas e aumento da temperatura das águas (ANA, 2016).

No que se refere a oxigenação reduzida, em especial em ambientes lênticos como lagos de inundação e reservatórios, verifica-se o desencadeamento de processos de eutrofização acelerada e o estabelecimento de condições anóxicas nas camadas mais profundas, afetando a biodiversidade e a estabilidade trófica desses ecossistemas (ANA, 2016).

Paralelamente, as alterações hidrológicas previstas em cenários climáticos, caracterizadas tanto pela redução de vazões médias e mínimas quanto pelo aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, também exercem influência direta não somente sobre a quantidade, mas sobre a qualidade das águas superficiais (BRASIL, 2016).

Em períodos de estiagem prolongada, a redução das vazões fluviais diminui a capacidade de diluição natural de poluentes, e essa perda de capacidade de autodepuração, combinada com os impactos térmicos, representa uma séria ameaça à integridade ecológica e ao potencial uso múltiplo desses recursos hídricos (ANA, 2016).

Importante frisar que ecossistemas aquáticos sempre sustentaram civilizações devido a seus múltiplos benefícios. Contudo, desafios como crescimento populacional, urbanização e mudanças climáticas estão comprometendo a capacidade desses sistemas (DIAS; MATOS, 2023).

Em suma, esses processos não apenas comprometem a integridade ecológica dos ecossistemas, como ameaçam os serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a manutenção da biodiversidade.

A partir das imagens serão abordados aspectos de ordem ecológica, cultural e socioeconômica dos lagos e a importância desses ambientes no município de Santarém e região Baixo Amazonas. As imagens registram as belezas naturais e cênicas dos lagos, as vivências, práticas culturais, e a relação entre atores sociais locais, como moradores e pescadores artesanais, que vivem os conflitos e os dilemas nesses ambientes frente aos impactos negativos das atividades antrópicas e mudanças ambientais que alteram o clima, os ecossistemas, e a economia local, sobretudo, a pesca artesanal.

Os registros materiais fotográficos e testemunhais trazem a narrativa intrínseca de degradação e escassez, com perspectiva informativa, educativa e cultural, além de possibilitarem reflexões sobre a realidade da população local que vive às margens de ecossistemas lacustres e a necessidade de conservação e uso sustentável desses ecossistemas.

Neste contexto, este ensaio visual visa retratar aspectos de ordem ecológica, social, cultural e econômica dos lagos e a importância desses ambientes a nível local, regional e planetário no que concerne ao equilíbrio climático da terra, influenciado pela manutenção e conservação de ecossistemas naturais em diferentes escalas.

Por meio de memórias sociais e percepções ambientais em formato fotográfico, oriundos da pesquisa acadêmica de doutorado de Marcelia Castro Cardoso, buscou-se: 1) explorar a ecologia e o valor dos lagos de inundação no município de Santarém, localizado no oeste do Estado do Pará; 2) apresentar por meio de imagens a beleza cênica dos ecossistemas lacustres e os desafios frente às pressões antrópicas; e 3) destacar a necessidade de implementação de medidas de conservação de ecossistemas lacustres.

Assim, o ensaio pode contribuir na sensibilização ambiental sobre a importância das ações individuais e coletivas, na conservação dos ecossistemas naturais e manutenção do equilíbrio climático local.

6.2 Desenvolvimento

6.2.1 A importância dos lagos de inundação na manutenção da pesca artesanal em Santarém, Pará

Na Região Amazônica, as cidades têm relação direta com ecossistemas, aquáticos, muitas estão localizadas às margens de rios, como a cidade de Santarém, localizada em frente a confluência dos rios Amazonas e Tapajós, na região Oeste do Pará, Amazônia Oriental brasileira (Figura 15).

Figura 15 – Registro do letreiro na orla da cidade e ao fundo o “Encontro das Águas”, águas brancas do rio Amazonas e águas claras do rio Tapajós, ambos considerados pontos turísticos da cidade de Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: CARDOSO, 2024.

A cidade de Santarém possui a maior concentração demográfica do Estado do Pará fora da região metropolitana de Belém (Figura 16), e teve dentro do último ciclo censitário (2010-2022), um crescimento demográfico anual de 1,43%, aproximadamente o dobro da média dos estados da região Norte (0,75%), e o triplo da média nacional (0,52%) no período (CORTES; LESS, 2024; IBGE, 2023).

Figura 16 – Imagem aérea da cidade de Santarém, Pará, Amazônia brasileira.



Fonte: CARDOSO, 2024.

A cidade e os rios rio Amazonas e Tapajós são fundamentais para circulação fluvial (Figura 17). De acordo com Trindade Júnior (2011), a cidade de Santarém desempenha uma importância como centro urbano, com significativos fluxos de pessoas, mercadorias e informações no contexto do espaço paraense e da Amazônia Oriental.

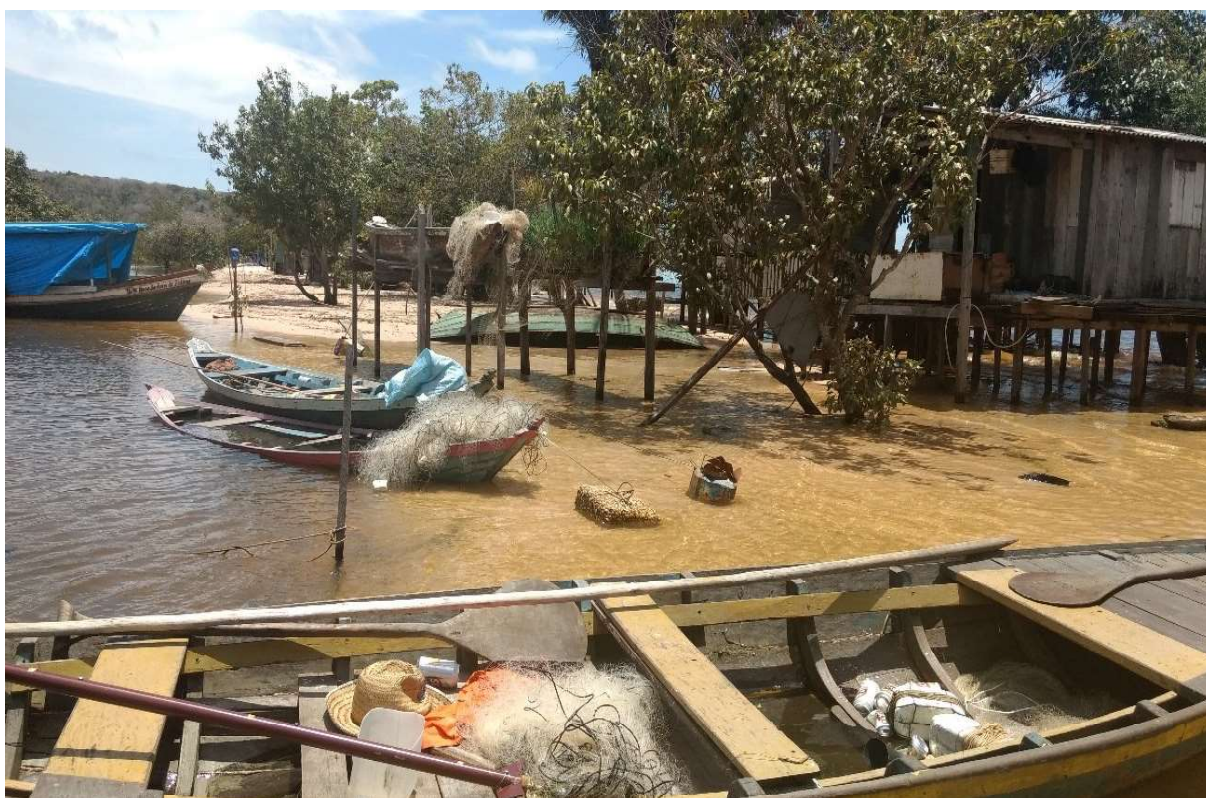
Figura 17 – Imagem aérea representativa do uso do rio Tapajós para operações portuárias e de pequenas embarcações que transportam mercadorias e pessoas em Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: CARDOSO, 2024.

Na Amazônia, as grandes flutuações do nível dos rios modulam a pesca e influenciam no quantitativo capturado pelos pescadores (BENTES et al., 2018), e a localização estratégica da cidade de Santarém às margens dos rios, lagos e igarapés, torna-a um dos principais polos pesqueiros do Baixo Amazonas pelo potencial natural existente na região (Figura 18).

Figura 18 – Os lagos de inundação como territórios tradicionais pesqueiros, em Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: CARDOSO, 2019.

A pesca artesanal e de subsistência realizada nos lagos santarenos (Figura 19), desenvolvem funções culturais e socioeconômicas fundamentais a nível local e regional, pois atuam na geração de alimentos, emprego e renda, além de serem responsáveis pela garantia e soberania alimentar de muitas famílias (CARDOSO et al., 2018, 2020; ZACARDI; SARAIVA; VAZ, 2017).

Figura 19 – Pescador artesanal no lago Juá em Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: CARDOSO, 2021.

Os lagos são cruciais para a manutenção e conservação da diversidade de peixes, porque são locais de alimentação, refúgio e nidificação de centenas de espécies (BELTRÃO; SOARES, 2018). No entanto, essa diversidade biológica e a prática da pesca artesanal tem sido ameaçada devido a inúmeros impactos negativos oriundos de pressões antrópicas. As pressões criam um cenário de degradação ambiental, comprometimento da disponibilidade de acesso ao capital natural, recursos hídricos e pesqueiros às futuras gerações, e limitação do desenvolvimento ecológico e socioeconômico local.

6.2.2 A influência das ações antrópicas e das mudanças do clima nas condições ambientais dos lagos de inundação em Santarém, Pará

As funções naturais dos ecossistemas lacustres estão mudando e sua capacidade de fornecer bens e serviços, historicamente importantes, está diminuindo (CASTELLO et al., 2013), isso em decorrência dos impactos crescentes causados por fatores naturais e sobretudo antrópicos como o crescimento da malha urbana, expansão do desmatamento, retirada da mata ciliar, assoreamento, poluição, entre outros (Figura 20).

Figura 20 – Mudança visível na coloração da água do lago Juá em Santarém, Pará, devido a florações de cianobactérias.



Fonte: CARDOSO, 2021.

A mudança na coloração da água no lago Juá, por exemplo, é resultado das ações antrópicas que influenciam diretamente na quantidade e qualidade da água e dos peixes nele contidos, e prejudicam a principal atividade econômica dos moradores da comunidade e pescadores locais, que é a pesca artesanal (CARDOSO et al., 2021).

De acordo Ayoub et al. (2024), a relação entre as ações antrópicas e as mudanças climáticas tem sido um dos temas mais debatidos no cenário global, pois muitas atividades antrópicas como desmatamento e urbanização têm alterado o equilíbrio climático de forma acelerada, desencadeando fenômenos climáticos extremos, como aumento das temperaturas e estiagem prolongada em diferentes ecossistemas.

A imagem captura a frente da cidade de Santarém, em novembro de 2024 (Figura 21), demonstrando exatamente os efeitos das mudanças climáticas a nível local e os impactos na saúde do ambiente e das pessoas a nível regional.

Figura 21 – Registro da cidade de Santarém, no Estado do Pará, vista de frente e coberta por fumaça em novembro de 2024.



Fonte: CARDOSO, 2024.

Verifica-se na Figura 7 que o azul do céu do município de Santarém deu lugar a uma nuvem de fumaça que se estendeu por meses e atingiu diferentes extensões da cidade. O aumento de queimadas, muitas delas criminosas, intensificaram a fumaça, prejudicaram a qualidade do ar, e ultrapassaram os limites do município atingindo várias cidades vizinhas.

Essa situação drástica impunha a sociedade a certeza de que fumaça e outros impactos como a mudança do clima, não são compatíveis com uma vida digna preconizada no artigo 225, da Constituição Federal Brasileira de 1988, que diz

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

Uma medida pertinente pode ser a adequação da legislação dos Planos Diretores Municipais, que apesar de não abordarem especificadamente as mudanças climáticas em suas diretrizes e instrumentos de gestão urbano-territorial, espera-se que incorporem estratégias que visem a adaptação urbana e redução das vulnerabilidades existentes e futuras da população e do território aos possíveis impactos da mudança climática (ESPÍNDOLA; RIBEIRO, 2020).

Logo, recomenda-se a adoção de uma série de medidas estratégicas e articuladas, de natureza ambiental, jurídica e institucional, visando assegurar a resiliência socioecológica e climática diante dos cenários de mudança ambiental global.

As alterações climáticas implicaram em alterações em diversos sistemas. Os sistemas aquáticos como rios, lagos e igarapés foram diretamente impactados, e a sustentação e manutenção dos sistemas ecológicos foram severamente ameaçadas. As pressões antrópicas que culminam na mudança do clima passaram a ser a maior ameaça à biodiversidade global e ao funcionamento de ecossistemas (THOMAS et al., 2004).

Como supracitado, a pesca é uma das atividades econômicas mais importantes na Amazônia, constituindo-se em fonte de alimento, comércio, renda e lazer para grande parte de sua população, especialmente a que reside nas margens dos rios, dos lagos e dos igarapés (CARDOSO et al., 2018). No entanto, foi uma das atividades produtivas mais impactadas com as mudanças climáticas no ano de 2024 (Figura 22).

Figura 22 – Registro de pescadores artesanais em período de estiagem prolongada em outubro de 2024, no lago Tapari em Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: CARDOSO, 2024.

A atividade pesqueira se reproduz social e economicamente em diferentes ecossistemas aquáticos por várias gerações, e a utilização dos lagos como território pesqueiro está cada vez mais ameaçada.

De acordo com Ceron (2018), a planície de inundação é o habitat onde alimento e abrigo são encontrados em abundância, porém este mesmo ambiente vai se comprimindo com o avanço da estiagem e, ao final, restam corpos d'água de

pequena dimensão, onde os peixes ficam aglomerados e em muitos casos, provocam a mortandade dos animais aquáticos ali existentes.

Durante o período de águas altas, os cardumes se espalham pelos grandes rios agregados aos lagos, e em épocas de águas baixas, os peixes ficam presos nos igarapés e acabam morrendo por falta de oxigênio (SANTOS et al., 2023).

Neste contexto, as populações mais pobres e marginalizadas são as mais suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas (AYOUB et al., 2024). E em se tratando de mudanças climáticas globais, seja resultado de ações antrópicas ou de forças naturais, é notável que os eventos extremos vêm se intensificando e trazendo sérias implicações para toda a humanidade.

Seus efeitos podem ser observados nas alterações dos regimes hidrológicos amazônicos, cujas vazantes e inundações têm se intensificado (SANTOS et al., 2023), gerando escassez de serviços ecossistêmicos essenciais, como água e alimento, e a exposição a desastres naturais (Figura 23).

Figura 23 – Imagem do lago Tapari em Santarém, no Pará, em período de estiagem extrema em outubro de 2024.



Fonte: CARDOSO, 2024.

Na Figura 23 é possível verificar que as mudanças climáticas têm um impacto profundo na biodiversidade, uma vez que muitos ecossistemas não conseguem se adaptar rapidamente às alterações nas condições climáticas. Ora ocorrem enchentes decorrentes de chuvas intensas, ora períodos prolongados de estiagem que afetam funções ecossistêmicas vitais em níveis distintos.

No Brasil, a escassez de água é um dos impactos mais diretos das mudanças climáticas, e a alteração nos padrões de precipitação tem levado a uma maior incidência de estiagem prolongadas, que afetam a agricultura, a pesca, o abastecimento de água potável e os ecossistemas aquáticos (AYOUB et al., 2024), ocorrendo alta mortalidade de peixes, mamíferos aquáticos, perda de vegetação e aumento de incêndios (ROCHA; ANDRADE; REZENDE, 2024).

De acordo com Silva Jacaúna (2024), na Amazônia, os extremos climáticos, sobretudo os extremos hidroclimáticos, relacionados ao regime de enchentes e vazantes dos rios, têm se intensificado nos últimos anos, e causado a perda de cultivos, diminuição na disponibilidade de peixe nos rios e lagos da região, o que afeta a alimentação e renda da população local, além do aumento da insegurança alimentar.

Os fenômenos extremos afetam direta e negativamente as comunidades amazônicas, sobretudo, aquelas que vivem às margens de rios, transformando suas relações e seus modos de vida, causando-lhes uma ruptura com sua própria cultura (SANTOS et al., 2023).

Oliveira, Mafra e Soares (2012) ressaltam que a variabilidade climática atinge com mais intensidade as comunidades que se instalaram ao longo das margens dos rios. Os ribeirinhos estão mais expostos e vulneráveis às variações extremas, haja vista que grandes extensões de terra são inundadas ou drenadas, desestabilizando as planícies, inutilizando cultivos, a pesca, e dificultando a locomoção, ocasionando o isolamento e prejudicando o acesso a auxílios governamentais, como de fato ocorreu nas comunidades rurais, tradicionais, indígenas e quilombolas em Santarém e região Baixo Amazonas.

Eventos climáticos extremos, como ondas de calor, inundações, estiagens e queimadas, exigem estratégias específicas e eficientes na mitigação dos riscos. Nesse sentido, os planos e instrumentos são fundamentais para avançar na adaptação climática, mas a implementação eficaz depende da infraestrutura de

apoio, do envolvimento das comunidades locais e do comprometimento político (SYRKIS et al., 2024).

6.3 Considerações Finais: desafios e perspectivas para o futuro

Este ensaio compartilhou registros fotográficos pertinentes à pesquisa de doutorado de Marcelia Castro Cardoso, assim como, considerações importantes a respeito dos lagos de inundação periurbanos e urbanos do município de Santarém, Pará, visando enfatizar o quanto as cidades amazônicas, independentemente de suas características geográficas, demográficas, econômicas, sociais e políticas, necessitam dedicar-se à adaptação de seus territórios e ecossistemas naturais às consequências e efeitos das ações antrópicas e mudanças climáticas que degradam a qualidade de vida das pessoas e do ambiente.

Ressalta-se também a importância do envolvimento de todos os níveis de governo, e a inclusão da população local nesse processo de mudanças e adaptação. Se, por natureza, as mudanças climáticas originam-se nas relações entre o local, regional, nacional e o global, sua resolução deve, então, passar por esses diferentes níveis, contando com ações conjuntas, mesmo que ocorram em diferentes escalas (ESPÍNDOLA; RIBEIRO, 2020).

As políticas de adaptação dependem de uma boa governança, que considere a justiça social e os conceitos de eficiência e eficácia, além dos recursos financeiros necessários para serem implementadas (SYRKIS et al., 2024).

Nesse processo de mudanças climáticas, as cidades, desempenham um papel importante, tanto pelo fato de sofrerem com os impactos dessas alterações no clima, quanto por contribuírem para a intensificação desse processo (ESPÍNDOLA; RIBEIRO, 2020).

Assim, verifica-se que a necessidade de adaptação às mudanças climáticas é urgente, e as políticas públicas devem priorizar a mitigação e a preparação para esses impactos, garantindo uma resposta coordenada e eficaz a nível global (ARTAXO, 2020).

Referências Bibliográficas

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos**: avaliações e diretrizes para adaptação. Brasília: GGES, 2016.

ARTAXO, P. As Três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, 2020.

AYOUB, J. P.; OLIVEIRA, M. R. N. de; FREITA, F. H. de; MELLO, M. E. de. Ações antrópicas e a associação com as mudanças climáticas. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 26, n. 12, p. 21-27, 2024.

BELTRÃO, H.; SOARES, M. G. M. Variação temporal na composição da ictiofauna do lago e igarapés da Reserva de Desenvolvimento Sustentável RDS-Tupé, Amazônia Central. **Biota Amazônica**, v. 8, n. 1, p. 34-42, 2018.

BENTES, K. L. S.; OLIVEIRA, L. L.; ZACARDI, D. M.; BARRETO, N. de J. da C. A relação entre a variação hidrológica e os recursos pesqueiros no baixo Amazonas, Santarém, Pará (The Relationship between Hydrologic Variation and Fishery Resources at the Lower Amazon, Santarém, Pará). **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1478-1489, 2018.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas. Portaria nº 150 de 10 de maio de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: MMA, 2016.

CARDOSO, M. C.; SILVA, R. E.; SILVA, A. D. B.; CHIBA, H. S. A. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. **O Social em Questão**, n. 40, p. 309-332, 2018.

CARDOSO, M. C.; GUIMARÃES, J. L. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S. Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise a partir de três ecossistemas lacustres, em Santarém, Estado do Pará. In: MELO, S.; BRASILEIRO, T. S. A. B. (Orgs.). **Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia**, v. 2, Curitiba: CRV, 2020. p. 81-96.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; COSTA, I. C. N. P.; VIEIRA, T. A. Anthropogenic Actions and Socioenvironmental Changes in Lake of Juá, Brazilian Amazonia. **Sustainability**, v. 13, 9134, 2021.

CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENO, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, v. 6, n. 4, p. 217-229, 2013.

CERON, W. L. Efeitos das mudanças climáticas na distribuição geográfica de espécies na sub-bacia do Rio Negro. **Revista Entorno Geográfico**, n. 15, p. 64-80, 2018.

CORTES, J. P. S.; LESS, D. F. S. Elementos para a compreensão do contemporâneo urbano amazônico na Bacia do Igarapé “Bela Vista”, Santarém, Pará. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, e20230369, 2024.

DIAS, R.; MATOS, F. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, p. 1571-1603, 2023.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cadernos Metrópole**, v. 48, p. 365-396, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Santarém. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>. Acesso em: 05 jan. 2025.

JUNK, J. W.; PIEDADE, M. T. F.; PAROLIN, P.; WITTMANN, F.; SCHONGART, J. Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management of Central Amazonian Floodplain Forests: A Synthesis. In: JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; PAROLIN, P. (Eds.). **Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management**. Dordrecht: Springer Science, 2010. p. 511-540.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J. SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, p. 5-22, 2014.

OLIVEIRA, V. P. de; MAFRA, M. V. P.; SOARES, A. P. A. Eventos climáticos extremos na Amazônia e suas implicações no município de Manaquiri (AM). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 977-987, 2012.

ROCHA, I. S.; ANDRADE, C. M. G. de; REZENDE, M. G. G. Estratégias para mitigação dos impactos relacionados à seca extrema na vida rural amazônica. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 9, e7836, 2024.

SANTOS, D. I. P.; COSTA, F. S.; CALDAS, M. R.A.; SILVA, P. R. M.; CALDAS, I. S. A. Mudanças climáticas e modo de vida ribeirinho: bases para a governança de risco no Amazonas. **Revista Educamazônia [Online]**, v 16, n. 2, p. 416-438, 2023.

SARMENTO-PANTOJA, A. Fotografia como gesto testemunhal nas mudanças climáticas. **Margens: Revista Interdisciplinar**, v. 18, n. 30, 2024.

SILVA JACAÚNA, T. da. Cidades da Amazônia e adaptação às mudanças climáticas. **Diálogos Socioambientais**, v. 7, n. 19, p. 26-30, 2024.

SYRKIS, G. W.; WESTIN, F. F.; SIMÕES, A. F.; COSTA, H. K. de M. Vulnerabilidades às mudanças climáticas e análise da implementação de medidas de adaptação em estados brasileiros. **Boletim de Conjuntura (boca)**, v. 19, n. 56, p. 606-635, 2024.

THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.; COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; SIQUEIRA, M. F. de; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; VAN JAARSVELD, A. S.; MIDGLEY, G. F.; MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L.; WILLIAMS, S. E. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, 145-148, 2004.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. C. da. Cidades médias na Amazônia Oriental: das novas centralidades à fragmentação do território. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 13, n. 2, p. 135-151, 2011.

ZACARDI, D. M; SARAIVA, M. L.; VAZ, E. de M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do Rio Tapajós, Santarém, Pará. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais características dos centros urbanos no mundo é a formação de cidades sem planejamento adequado, em sua maioria sem infraestrutura voltada para o bem-estar da população, sobretudo, a mais carente. As cidades brasileiras, a exemplo, crescem com a ausência ou serviços de urbanismo insipientes à necessidade da população, gerando inúmeras problemáticas em decorrência da ocupação desenfreada e desordenada, que alteram as características do meio ambiente, principalmente de ecossistemas naturais fragilizados pelo espaço urbano.

Os ecossistemas naturais ficam cada vez mais expostos e vulneráveis às pressões antrópicas, onde a superexploração do capital natural desses ambientes leva à limitação ou exaurimento. Com o comprometimento do fluxo dos recursos naturais, bens e serviços ofertados, esses ecossistemas passam a ser vistos como capital natural crítico, o que resulta em insustentabilidade socioeconômica e ambiental, sobretudo, na Amazônia, tornando-se imprescindível mantê-los em boas condições de conservação, de forma a evitar sua transformação em um capital natural crítico.

Os ecossistemas lacustres, especialmente nos limites territoriais do município de Santarém, Pará, configuram-se como catalisadores de processos sinérgicos de degradação socioambiental, e o caráter cumulativo e não linear, potencializa a vulnerabilidade ecológica e a fragmentação funcional desses ecossistemas de alta conectividade hidrossocial.

Como uma medida de reparação ou fredda às problemáticas ambientais no que pode se chamar de ecossistemas urbanos, surge a criação Unidades de Conservação (UCs) próximas de áreas urbanas ou em expansão, em contraposição ao crescimento urbano, que na perspectiva de desenvolvimento ambiental é insustentável. Os motivos para criação são diversos, assim como as funções para a qual cada uma foi criada. A delimitação de Áreas de Proteção Ambiental e sua respectiva gestão vêm como uma resposta, ainda que em fase de elaboração, para a crise ambiental pela qual o planeta Terra vem passando.

No entanto, a falta de monitoramento, fiscalização e gestão compartilhada com as comunidades locais, ameaçam a disposição dos recursos naturais em

quantidade e qualidade, sobretudo, os disponíveis em ecossistemas naturais localizados em áreas de expansão urbana e com forte especulação imobiliária.

Neste contexto, a Tese não só contribui para o entendimento dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos, mas também abre caminhos para melhores práticas legislativas e de gestão de recursos naturais na região, o que é de extrema importância para a sustentabilidade ambiental a nível nacional. Sendo possível afirmar que atividades antrópicas que ocorrem no entorno de ecossistemas lacustres em Santarém, modificam suas condições ambientais, degradam a qualidade da água e interferem na garantia de conservação de ecossistemas naturais que deveriam ser amparados e protegidos pelas Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Unidades de Conservação (UCs) relacionadas.

Os objetivos propostos foram alcançados e os resultados obtidos contribuem para a geração de conhecimento científico e construção de estratégias que visam colaborar com a garantia de sustentabilidade em ecossistemas lacustres amazônicos.

Como os lagos assumem uma importante fonte de recursos e serviços naturais, que vão desde água, alimento, lazer, até emprego e renda, torna-se indispensável o monitoramento limnológico desses ambientes, uma vez que a contaminação hídrica pode comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas e, consequentemente, os serviços ecossistêmicos prestados, principalmente hídricos e pesqueiros.

Os resultados das variáveis ambientais analisadas trazem luz a discussão de adequação da legislação nacional vigente quanto as particularidades dos ecossistemas da região amazônica que influenciam diretamente no resultado de conformidade. Os valores das variáveis limnológicas, em conformidade com a legislação ambiental correlata, só apontam a necessidade da elaboração de diretrizes que levem em consideração as especificidades e territorialidades da região amazônica, e fatores que possam comprometer a eficiência dos ecossistemas e disposição dos recursos e capital natural para as presentes e futuras gerações.

É crucial para um entendimento sistêmico de causas e efeitos, a compreensão dos impactos e das mudanças em uma perspectiva comparada, com abordagem não só das características geográficas e ecológicas, mas também da ocorrência e da evolução das mudanças ambientais que dialogam com aspectos

socioculturais, econômicos e políticos, sujeitos à diferentes intensidades de ações antrópicas.

Entende-se que para conservação de ecossistemas naturais, sejam terrestres ou aquáticos, é imprescindível a participação entidades públicas, organizações da sociedade civil e da população local, em conformidade com os regulamentos específicos propostos na legislação ambiental, alinhando-os aos interesses comunitários e particulares locais.

Nesse sentido, o ensaio visual contribui no acesso e entendimento da temática estudada por parte da sociedade civil, tendo em vista que a coletividade deve ter conhecimento das problemáticas locais para, além do poder público, intervir nas tomadas de decisões. Os resultados obtidos também fornecem uma visão importante acerca da relevância desses ecossistemas a nível local e regional, assim como apontam os desafios para conservação desses ambientais fundamentais para o equilíbrio ecológico e climático do planeta.

Assim, para que as Unidades de Conservação cumpram seu papel na conservação de ecossistemas naturais, incluindo, os lacustres, é necessário mitigar e adaptar as APAs às novas condições impostas pelo cenário em curso, tornando-se imprescindível a adoção de um conjunto articulado de estratégias de adaptação, que combinem ciência aplicada, manejo ambiental adaptativo e governança socioambiental participativa.

Uma das primeiras e mais relevantes medidas consiste no fortalecimento de redes de monitoramento contínuo, integrando dados hidrológicos, climáticos e de qualidade da água. Esse monitoramento deve incorporar a medição sistemática de parâmetros físico-químicos e biológicos, como temperatura, oxigênio dissolvido, nutrientes, turbidez, ocorrência de florações algais e presença de cianotoxinas, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão baseada em evidências científicas.

Ademais, é indispensável a ampliação e integração dessas informações em plataformas nacionais, como o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), permitindo a análise de tendências hidrológicas e a modelagem preditiva de impactos.

A redução das cargas poluidoras é outro eixo estruturante fundamental para a resiliência climática dos lagos. A restauração e proteção das Áreas de Proteção Permanente (APPs) adjacentes aos corpos hídricos, devem ser priorizadas, com a

recomposição de vegetação ripária utilizando espécies nativas adaptadas ao pulso de inundação amazônico. Simultaneamente, é essencial ampliar e modernizar a cobertura de saneamento ambiental nas áreas urbanas e periurbanas do entorno das APAs, especialmente nos bairros próximos ao lago Juá e nas áreas de grande fluxo turístico em Alter do Chão. A ampliação do tratamento de efluentes, aliada ao incentivo ao reuso de água e à adoção de práticas produtivas sustentáveis no setor agrícola, pode minimizar as pressões de contaminação sobre os lagos, mitigando os efeitos sinérgicos da poluição e do aquecimento das águas.

O manejo territorial adaptativo das APAs deve ser pautado pela revisão e atualização de seus Planos de Manejo, incorporando diretrizes explícitas de adaptação climática e ordenamento do uso e ocupação do solo frente ao novo regime hidrossocial, isso implica delimitar zonas prioritárias para conservação, identificar áreas de risco associadas à erosão, enchentes e processos de eutrofização e estabelecer critérios rigorosos para a ocupação de áreas sensíveis.

Essas diretrizes precisam estar articuladas aos instrumentos de planejamento urbano do município de Santarém, como o Plano Diretor Municipal, promovendo uma abordagem integrada entre conservação ambiental e planejamento territorial.

A crescente pressão do turismo sobre os lagos da APA Alter do Chão, coloca em evidência a necessidade de criação de normas mais restritivas de ordenamento turístico, com definição de capacidades de carga para áreas sensíveis, regulamentação do uso de embarcações e promoção de práticas de turismo sustentável de baixo impacto.

A instalação de infraestruturas de baixo impacto, como trilhas elevadas e banheiros secos, pode minimizar o pisoteio e a contaminação direta das águas, que aliado a programas permanentes de educação ambiental voltados a turistas e operadores turísticos, tornam-se fundamentais para promover uma mudança de comportamento e percepção de valor sobre a fragilidade ecológica dos lagos.

As comunidades tradicionais residentes nas APAs devem ser protagonistas nos processos de adaptação. A promoção de atividades econômicas sustentáveis e adaptadas ao clima, como o ecoturismo de base comunitária, o artesanato com matérias-primas de baixo impacto e a agroecologia adaptada a períodos de estiagem e enchentes prolongadas e extremas, são essenciais para fortalecer a resiliência socioeconômica local.

A valorização dos conhecimentos tradicionais e sua integração aos processos de monitoramento participativo, especialmente no registro de alterações sazonais percebidas pelas comunidades, fortalece a ciência cidadã e contribui para um manejo adaptativo mais efetivo e legitimado.

Do ponto de vista jurídico e institucional, a revisão do arcabouço legal de criação e gestão das APAs Alter do Chão e Juá é urgente. Atualmente, seus Conselhos Gestores possuem caráter apenas consultivo, limitando a capacidade de controle social efetivo sobre as decisões que afetam essas áreas. Para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e pelas crescentes pressões antrópicas, é fundamental que esses Conselhos sejam elevados à categoria de Conselhos Deliberativos, com poder vinculante sobre decisões relativas a licenciamento ambiental, zoneamento ecológico-econômico, autorizações de uso e implementação de políticas de adaptação e mitigação. Essa mudança fortaleceria o controle social e garantiria que a governança das APAs estivesse alinhada aos princípios da gestão participativa e da democracia ambiental.

Por fim, a criação de um Fundo Municipal de Adaptação e Conservação, alimentado por compensações ambientais, taxas de turismo e parcerias público-privadas, garantiria recursos financeiros contínuos para a implementação de ações adaptativas, monitoramento ambiental e capacitação comunitária. Esses fundos podem viabilizar projetos demonstrativos de adaptação baseada em ecossistemas e conservação hídrica, promovendo a resiliência climática das APAs de forma integrada e participativa.

Somente com a adoção de um conjunto articulado de medidas ambientais, sociais e jurídico-institucionais será possível proteger os lagos das APAs Juá e Alter do Chão, assegurando sua funcionalidade ecológica, seus serviços ambientais e sua importância cultural e econômica para as presentes e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M. A.; MOREIRA-TURCQ, P. F.; TURCQ, B. J.; CORDEIRO, R. C. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 1, p. 165-172, 2009.
- APRILE, F. M.; LORANDI, R.; BIANCHINI JUNIOR, I.; SHIMIZU, G. Y. Tipologia dos ecossistemas lacustres costeiros do Estado do Espírito Santo, Brasil. **Bioikos**, v. 15, n. 1, p. 17-21, 2001.
- ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K. O.; PETRERE, M.; CASTELLO, L.; HESS, L. L.; FREITAS, C. E. C. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 386-395, 2017.
- ARANTES, C. C.; FITZGERALD, D. B.; HOEINGHAUS, D. J.; WINEMILLER, K. O. Impacts of hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 37, p. 28-40, 2019.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.
- BATALHA, S. S. A.; MARTORANO, L. G.; BIASE, A. G.; MORALES, G. P.; PONTES, A. N.; SANTOS, L. S. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 4, 2014.
- BRIGHENTI, L. S.; STAEHR, P. A.; GAGLIARDI, L. M.; BRANDÃO, L. P. M.; ELIAS, E. C.; MELLO, N. A. S. T.; BARBOSA, F. A. R.; BEZERRA-NETO, J. F. Seasonal Changes in Metabolic Rates of Two Tropical Lakes in the Atlantic Forest of Brazil. **Ecosystems**, v. 18, p. 589-604, 2015.
- CARDOSO, M. C. **Transformações socioambientais e espaço natural: o caso do lago do Juá, Santarém – PA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida) - Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa, Santarém - PA, 2018.
- CARDOSO, M. C.; SILVA, R. E.; SILVA, A. D. B.; CHIBA, H. S. A. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. **O Social em Questão**, n. 40, p. 309-332, 2018.
- CARDOSO, M. C.; GUIMARÃES, J. L. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S. Recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: uma análise a partir de três ecossistemas lacustres, em Santarém, Estado do Pará. In: MELO, S.; BRASILEIRO, T. S. A. B. (Orgs.). **Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia**, v. 2, Curitiba: CRV, 2020a. p. 81-96.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; VIEIRA, T. A. Impactos socioambientais: a percepção de uma comunidade ribeirinha do Baixo Amazonas, Pará, Brasil. **Gaia Scientia**, v. 14, n. 4, p. 31-51, 2020b.

CARDOSO, M. C.; ALVES, H. S.; COSTA, I. C. N. P.; VIEIRA, T. A. Anthropogenic Actions and Socioenvironmental Changes in Lake of Juá, Brazilian Amazonia. **Sustainability**, v. 13, 9134, 2021.

CARVALHO, T. M.; MAIA, R. P.; MORAIS, R. P. Análise das métricas dos sistemas lacustres não fluviais do Lavrado, região nordeste do Estado de Roraima. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 23, n. 3, p. 1568-1582, 2022.

CARDOSO, M. C.; GOCH, Y. G. de F.; MELO, S.; ALVES, H. S. Impactos socioambientais em lagos: análise cientométrica da produção científica no Brasil no período de 2006 a 2021. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 15, n. 1, p. 77-95, 2024.

CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENO, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, v. 6, n. 4, p. 217-229, 2013.

CASTELLO, L.; MACEDO, M. N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. **Global Change Biology**, v. 22, p. 990-1007, 2016.

CIRILO, B. B.; ALMEIDA, O. T. Os limites à gestão de recursos hídricos no Estado do Pará: uma análise técnica. **Desenvolvimento em Questão**, v. 20, n. 58, 2022.

CNCU – CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. **Plataforma oficial de dados do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. 2024. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 05 jan. 2025.

COELHO, G. V. S.; OLIVEIRA, C. V.; CARDOSO, M. C.; LIMA, F. C. C.; LEMOS, E. J. S.; MELO, S.; GOCH, Ynglea G. F.; PELEJA, J. R. P. Qualidade da água e índice de estado trófico de lagos associados ao rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 05, p.3450-3466, 2024.

CORRÊA, J. M. S.; ROCHA, M. dos S.; SANTOS, A. A. dos; SERRÃO, E. de M.; ZACARDI, D. M. Caracterização da pesca artesanal no Lago do Juá, Santarém, Pará. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, p. 61-74, 2018.

COSTA, E. J. M. da. A Amazônia, Sustentabilidade e Soberania: estabelecendo a Arena para os debates durante a COP 30 em Belém. **Paper do NAEA**, v. 1, n. 1, 2024.

CUNHA, S. B. Morfologia dos canais urbanos nos trópicos úmidos: a experiência no Brasil. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA; II SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. **Anais [...]**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2017.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988.

HENDERSON, H. **Além da globalização**: modelando uma economia global sustentável. São Paulo: Cultrix/Amana-Key, 2003. 184 p.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J. SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, p. 5-22, 2014.

KJERFVE, B. **Coastal lagoon processes**. Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, 1994.

LEAL, C. G.; LENNOX, G. D.; FERRAZ, S. F. B.; PEREIRA, J.; GARDNER, T. A.; THOMSON, J. R.; BERENGUER, E.; LEES, A. C.; HUGHES, R. M.; NALLY, R. M.; ARAGÃO, L. E. O. C.; BRITO, J. G. de; CASTELLO, L.; GARRET, R. D.; HAMADA, N.; JUEN, L.; LEITÃO, R. P.; LOUZADA, J.; MORELLO, T. F.; MOURA, N. G.; NESSIMIAN, J. L.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. M. B.; OLIVEIRA, V. H. F.; OLIVEIRA, V. C. de; PARRY, L.; POMPEU, P. S.; SOLAR, R. R. C.; ZUANON, J.; BARLOW, J. Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of tropical aquatic species. **Science**, v. 370, n. 6512, p. 117-121, 2020.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008.

MARTINS, R. T.; BRITO, J.; DIAS-SILVA, K.; LEAL, C. G.; LEITÃO, R. P.; OLIVEIRA, V. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. M. B.; DE PAULA, F. R.; ROQUE, F. O.; HAMADA, N.; JUEN, L.; NESSIMIAN, J. L.; POMPEU, P. S.; HUGHES, R. M. Congruence and responsiveness in the taxonomic compositions of Amazonian aquatic macroinvertebrate and fish assemblages. **Hydrobiologia**, v. 849, p. 2281-2298, 2022.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

MONTE, C. N.; RODRIGUES, A. P. C.; MACEDO, S.; RÉGIS, C.; SALDANHA, E. C.; RIBEIRO, A. C.; MACHADO, W. A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3695-3710, 2021.

MORAIS, R. P.; OLIVEIRA, L. G.; LATRUBESSE, E. M.; PINHEIRO, R. C. D. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 27, n. 3, p. 203-213, 2005.

OLIVEIRA, J. M. G. C. Expansión urbana y espacialidade rural-urbana en la Amazonia brasileña: el caso de una periferia urbana en Santarém-PA, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-12, 2011.

OLIVEIRA, L. S. de; CAJADO, R. A.; DOS SANTOS, L. R. B.; ZACARDI, D. M. Estrutura da comunidade ictioplanctônica em um lago de várzea Neotropical afetado pela degradação ambiental. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 1, e20201598, 2022.

PEREIRA, J. C. M. **Importância e significado das cidades médias na Amazônia: uma abordagem a partir de Santarém (PA)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento), Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém - PA, 2004.

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-21, 2011.

RODRIGUES, L. C.; SIMÕES, N. R.; BOVO-SCOMPARIN, V. M.; JATI, S.; SANTANA, N.; ROBERTO, M. C.; TRAIN, S. Phytoplankton alpha diversity as an indicator of environmental changes in a neotropical floodplain. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 334-341, 2015.

SANTOS, A. S. dos et al. **Ações antrópicas e mudanças climáticas: implicações para o meio ambiente**. São Paulo: Editora Chefe, 2024. 20 p.

SATHLER, D.; MONTE-MÓR, R. L.; CARVALHO, J. A. M. de. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 11-39, 2009.

SERRÃO, E. M.; BRAGA, T. M. P.; COELHO, Y. K. S.; CAMPOS, D. P. F.; SANTOS, A. A.; IMBIRIBA, L. C.; ZACARDI, D. M. Traditional knowledge of fishermen of the reproductive behavior of fish in a flood lake in western Pará, Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. 1-21, 2019.

SILVA, M. de N. A. da.; PESSOA, F. C. L.; SILVEIRA, R. N. P. de O.; ROCHA, G. S.; MESQUITA, D. A. Determinação da Homogeneidade e Tendência das Precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 665-675, 2018.

SILVA, D. V. **Socioantropologia da pesca artesanal no rio Tapajós: regime de informação enquanto regime de vida em uma vila de pescadores no Lago do Juá, Santarém (PA)**. 2021. 297 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande - PB, 2021.

SOUSA, W. L.; ZACARDI, D. M.; VIEIRA, T. A. Traditional Ecological Knowledge of Fishermen: People Contributing towards Environmental Preservation. **Sustainability**, v. 14, n. 9, 4899, 2022.

SOUSA, W. L.; VIEIRA, T. A. An Amazonian lake and the quality of life of its women: the case of Maicá, Santarém, Brazil (2018). **Environment, Development and Sustainability**, v. 24, p. 1428-1444, 2022.

SOUTO, C. K. B.; TELES, A.; ANDRADE, A. A.; XAVIER, B. V. M. P.; TORRES, E. E. S. A.; DIAS, E. C.; COLARES, G. P. C.; BARROS, K. da C.; SOUZA, L. da P.; PRATA, L. K. F.; GOMES, N. C. da R.; FERNANDES, L. Fatores antrópicos de poluição hídrica na bacia do Tucunduba em Belém-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 13824-13834, 2019.

STAEHR, P. A.; TESTA, J. M.; KEMP, W. M.; COLE, J. J.; SAND-JENSEN, K.; SMITH, S. V. The metabolism of aquatic ecosystems: history, applications, and future challenges. **Aquatic Sciences**, v. 74, p. 15-29, 2012.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. C. Cidades na floresta: os “grandes objetos” como expressões do meio técnico-científico informacional no espaço amazônico. **Revista IEB**, n. 50, p. 13-138, 2010.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. C. da. Cidades médias na Amazônia Oriental: das novas centralidades à fragmentação do território. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 13, n. 2, p. 135-151, 2011.

VIEIRA, M. do C.; OLIVEIRA, A. S.; GALVÃO, V. M. Consumos da Cidade de Belém no Contexto da Cop 30: continuidades de um processo histórico excludente. **Revista ALTERJOR**, v. 1, p. 155-174, 2025.

ZACARDI, D. M.; SARAIVA, M. L.; VAZ, E. de M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do Rio Tapajós, Santarém, Pará. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.