



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA

**PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO
PARQUE ESTADUAL DO UTINGA: UMA FERRAMENTA
PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À
POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM**

ENG^o JOÃO BATISTA MERCELO DE LIMA
ORIENTADOR PROF.DR GIOVANNI CHAVES PENNER



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

BELÉM (2023)



JOÃO BATISTA MARCELO DE LIMA

**PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO PARQUE ESTADUAL DO
UTINGA: UMA FERRAMENTA PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS
PRESTADOS À POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, do Instituto de Tecnologia, da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento, Monitoramento, Operação e Controle de Sistemas de Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner.

Belém-PA

2023



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

L732p Lima, João Batista Marcelo de.
PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO
PARQUE ESTADUAL DO UTINGA: UMA FERRAMENTA
PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À
POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM /
João Batista Marcelo de Lima. — 2023.
217 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 2023.

1. Parques urbanos, qualidade ambiental, RMB,
mananciais urbanos, PEÚt. I. Título.

CDD 620.8



JOÃO BATISTA MARCELO DE LIMA

**PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO PARQUE ESTADUAL DO
UTINGA: UMA FERRAMENTA PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS
PRESTADOS À POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, na área de concentração de Hidráulica e Saneamento.

DATA DA AVALIAÇÃO: 27/04/2023

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

GIOVANNI CHAVES PENNER
Data: 27/04/2023 14:09:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner
(PPGESA/ITEC/UFPA – Orientador)



Documento assinado digitalmente

NEYSON MARTINS MENDONÇA
Data: 08/05/2023 10:52:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Neyson Martins Mendonça
(UCP/PPGESA/ITEC/UFPA – Membro)



Documento assinado digitalmente

ALEX RUFFEIL CRISTINO
Data: 09/05/2023 20:30:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Alex Ruffeil Cristino
(UCP/PROMABEN – Convidado)



Documento assinado digitalmente

FRANCISCO FERNANDO NORONHA MARCU
Data: 27/04/2023 17:09:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Francisco Marcuzzo
(Serviço Geológico do Brasil-RS – Convidado)



AGREDECIMENTOS

Agradeço aos Professores do PPGESA da UFPA pela dedicação em socializar conhecimentos e orientar nossos passos durante a jornada para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, algo que capacita e valoriza o profissional perante uma sociedade que necessita de respostas, baseadas em experimentações científicas, para problemas cada vez mais complexos e difusos.

Agradeço também a Deus por ter fortalecido a minha determinação em ser discente do PPGESA, o que me possibilitou a oportunidade de desenvolver uma pesquisa científica voltada para a preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida da população da Região Metropolitana de Belém.

Por fim, agradeço a todos os profissionais que de alguma forma contribuíram com a execução deste trabalho.



RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no sentido de apresentar um Guia de Instruções, como subsídio à concepção do sistema de monitoramento ambiental proposto para o Parque Estadual do Utinga (PEUt), o qual decidiu-se chamar SISPEUt. Com o intuito de torna-lo mais simples e, portanto, com mais chances de ser implantado, optou-se, primeiramente, por idealizá-lo para a investigação qualitativa do solo e das águas do Parque. De início, fez-se um estudo para verificar as recomendações acerca da instalação de um sistema de monitoramento da qualidade ambiental do PEUt. Esta etapa contou com a análise de leis, normas, planos e programas hidro-ambientais brasileiros que de forma direta ou indireta apresentaram tais recomendações. Na sequência, realizou-se o levantamento da vulnerabilidade da área perante o avanço da urbanização da RMB. Nesta investigação ficaram evidentes as ameaças impostas ao Parque e seus elementos ambientais. Para revelar detalhes sobre as vantagens de um sistema de monitoramento ambiental, executou-se estudo de casos de acompanhamentos quali-quantitativo em áreas protegidas no Brasil e no exterior. Os resultados mostraram benefícios a toda a cadeia produtiva associada à área monitorada, com ganhos também para os órgãos gestores, para as classes política, acadêmica e científica, assim como para a população em geral. A partir de todo o levantamento efetuado, utilizou-se o método hipotético-dedutivo para ratificar o objetivo deste trabalho, que se resume em apresentar o Guia citado anteriormente. A arquitetura adotada para o sistema proposto foi orientada pelas políticas e diretrizes do ePING (Padrões de Interoperabilidade do Governo Eletrônico), que preconiza o uso de programas computacionais públicos e/ou livres na concepção de sistemas de monitoramento como o SISPEUt. Os parâmetros a serem monitorados foram definidos segundo normas e programas hidro-ambientais em vigor ou em curso no Brasil, com a contribuição de sistemas que monitoram as variáveis ambientais no território nacional. Quanto à localização dos pontos de medição e coleta de amostras, estes foram determinados em função da fisiografia do Parque e das ameaças impostas à Unidade de Conservação (UC). Em suma, considera-se o produto final deste trabalho uma importante contribuição para a gestão ambiental na RMB, posto que a implantação do SISPEUt pode trazer subsídios importantes à proteção da UC e, conseqüentemente, melhorar os serviços prestados à população, sobretudo aqueles relacionados à provisão de água para abastecimento público.

Palavras-chave: Parques urbanos, qualidade ambiental, RMB, mananciais urbanos, PEUt.



ABSTRACT

This work was developed in order to present an Instruction Guide, as a subsidy to the conception of the environmental monitoring system proposed for the State Park of Utinga (PEUt), which it was decided to call SISPEUt. In order to make it simpler and, therefore, more likely to be implemented, it was first decided to idealize it for the qualitative investigation of the soil and water in the Park. Initially, a study was carried out to verify the recommendations regarding the installation of a monitoring system for the environmental quality of the PEUt. This stage included the analysis of Brazilian hydro-environmental laws, norms, plans and programs that directly or indirectly presented such recommendations. Next, a survey of the vulnerability of the area was carried out in the face of the advance of the urbanization of the RMB. In this investigation, the threats imposed on the Park and its environmental elements became evident. In order to reveal details about the advantages of an environmental monitoring system, a study of qualitative and quantitative monitoring cases in protected areas in Brazil and abroad was carried out. The results showed benefits for the entire production chain associated with the monitored area, with gains also for the management bodies, for the political, academic and scientific classes, as well as for the general population. From all the survey carried out, the hypothetical-deductive method was used to ratify the objective of this work, which is summarized in presenting the Guide mentioned above. The architecture adopted for the proposed system was guided by the policies and guidelines of the ePING (Electronic Government Interoperability Standards), which advocates the use of public and/or free computer programs in the design of monitoring systems such as SISPEUt. The parameters to be monitored were defined according to norms and hydro-environmental programs in force or in progress in Brazil, with the contribution of systems that monitor environmental variables in the national territory. As for the location of the measurement and sample collection points, these were determined based on the Park's physiography and the threats imposed on the Conservation Unit (UC). In short, the final product of this work is considered an important contribution to environmental management in the RMB, since the implementation of SISPEUt can bring important subsidies to the protection of the CU and, consequently, improve the services provided to the population, especially those related to the provision of water for public supply.

Keywords: Urban parks, environmental Quality, RMB, urban springs, PEUt.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem das cabeceiras do Lago Bolonha com pressão territorial.	24
Figura 2 - Imagem das cabeceiras do Lago Água Preta com pressão territorial.	25
Figura 3 - Delimitação PEUt e APA Belém.	26
Figura 4 - PEUt e zona de amortecimento, segundo o seu Plano de Manejo.	26
Figura 5 - Imagem das cabeceiras do Lago Água Preta com vegetação suprimida.	27
Figura 6 - Fluxo das drenagens na área de estudo e no entorno dela.	29
Figura 7 - Zonas de recarga de aquíferos na RMB.	30
Figura 8 - Imagem das cabeceiras do lago Bolonha com drenagem da Av. João Paulo II.	31
Figura 9 - Imagem das cabeceiras do lago Água Preta com drenagem da Av. João Paulo II.	32
Figura 10 - Projeto dos jardins filtrantes na Avenida João Paulo II.	32
Figura 11 - Despejos de esgoto na área do PEUt.	33
Figura 12 - Morro da Providência – Rio de Janeiro (RJ), 1910.	37
Figura 13 - População da Vila da Barca convive com o lixo.	38
Figura 14 - Bairros alagáveis de Belém.	43
Figura 15 - Distribuição espacial dos pontos e áreas de alagamento.	44
Figura 16 - Animais (ratos e urubus) atraídos pelo lixo.	44
Figura 17 - Obstrução de via pelo acúmulo de lixo.	45
Figura 18 - Alagamento agravado pelo acúmulo de lixo.	45
Figura 19 - Assoreamento de canal por caroços de açaí.	46
Figura 20 - Canal obstruído por entulho e lixo.	46
Figura 21 - Alagamentos causados por lixo em canal.	47
Figura 22 - Lixo na rua impedindo locomoção de pedestres.	47
Figura 23 - Obstrução de curso d'água próximo a lixão.	48
Figura 24 - Estrutura do SNIRH.	56



Figura 25 - Estrutura para obtenção de informações no SNIRH.....	57
Figura 26 - Pesquisa sobre os dados do Rio Tocantins em Marabá.	57
Figura 27 - Planilha com Série histórica dos níveis médios mensais das águas do Rio Tocantins, em Marabá.	58
Figura 28 - Hidrograma das cotas médias diárias (out./1971 a ago./2020) - Rio Tocantins em Marabá.	59
Figura 29 - Apresentação do SIAGAS.	60
Figura 30 - Mapa de localização dos poços cadastrados no SIAGAS.	60
Figura 31 - Pesquisa geral nos poços do SIAGAS em Belém do Pará.	61
Figura 32 - Perfil construtivo e dados gerais do poço nº 1500002047.....	62
Figura 33 - Apresentação da RIMAS.	64
Figura 34 - Mapa de localização dos poços da RIMAS.	64
Figura 35 - Pesquisa geral nos poços da RIMAS em Belém do Pará.	65
Figura 36 - Perfil construtivo, dados gerais e gráfico do nível da água do poço nº 1500005632.	65
Figura 37 - Apresentação das informações do SEIRH.....	68
Figura 38 - Programa Qualiágua: relação SNIRH/SEIRH.	69
Figura 39 - Projeto Rede Hidrometeorológica Estadual: relação SNIRH/SEIRH.	69
Figura 40 - Apresentação do Painel de Dados Abertos do MMA.....	71
Figura 41 - Quadro de apresentação de dados de desmatamento em UCs Federais.	72
Figura 42 - Tela de apresentação da CETESB.	74
Figura 43 - Tela de apresentação da Qualidade do Ar.	74
Figura 44 - Boletim de Qualidade do Ar para SO ₂ na capital paulista.....	75
Figura 45 - Tela de apresentação do monitoramento das águas.....	75
Figura 46 - Formas de apresentação das informações do INFOÁGUAS.....	76
Figura 47 - Tela de apresentação da Qualidade do Solo.	77
Figura 48 - Saída de informações de Qualidade do Solo.	78



Figura 49 - Localização dos Parques Estaduais na Amazônia.	81
Figura 50 - Belém em 1825.	83
Figura 51 - Expansão de Belém além do núcleo metropolitano.	85
Figura 52 - RMB: densidades demográficas (2014).	87
Figura 53 - Localização dos aglomerados subnormais na RMB: 2010 e 2019.	88
Figura 54 - PEUt no contexto da APA Belém.	89
Figura 55 – Mapa de localização das Unidades de Conservação da Região Metropolitana de Belém.	91
Figura 56 - Limites do Parque Estadual do Utinga.	92
Figura 57 - Atividades desenvolvidas pelos frequentadores do PEUt.	93
Figura 58 - Estação de tratamento da RMB (COSANPA).	93
Figura 59 - Batalhão da polícia Ambiental no PEUt e atividades realizadas.	94
Figura 60 - Mapa de uso e ocupação do solo no PEUt no ano de 2008.	94
Figura 61 - Mapa de uso e ocupação do solo no PEUt no ano de 2018.	95
Figura 62 - Hidrografia do PEUt.	96
Figura 63 - Volumes de chuva médios mensais em Belém.	96
Figura 64 - Localização do posto pluviométrico do INMET de Belém.	97
Figura 65 - Análise temporal das chuvas em Belém.	97
Figura 66 - Dados litológicos de local às proximidades do PEUt.	99
Figura 67 - Círculo virtuoso do monitoramento ambiental.	126
Figura 68 - Textos que embasam a proposta de monitoramento ambiental no PEUt.	127
Figura 69 - Síntese dos argumentos para a concepção do SISPEUt.	128
Figura 70 - Diretrizes para a concepção do sistema de monitoramento direcionado ao PEUt.	129
Figura 71 - Pontos de monitoramento do SISPEUt.	139
Figura 72 - Modelos de placas para identificação de locais de coleta e medição.	140



Figura 73 - Conjunto de régua linimétricas.	141
Figura 74 - Composição de imagens de satélite de Belém: 1984 e 2021.	142
Figura 75 - Tela inicial do SISPEUt.....	143
Figura 76 - Apresentação do SISPEUt.	144
Figura 77 - Opções de pesquisas para as águas superficiais.	145
Figura 78 - Opções de pesquisas para as águas subterrâneas.	146
Figura 79 - Modelo de impressão para dados integrados de águas superficiais.....	146
Figura 80 - Modelo de impressão para dados integrados de águas subterrâneas.	147
Figura 81 - Proposta de apresentação gráfica da batimetria dos mananciais do PEUt.....	148
Figura 82 - Transectos para levantamento batimétrico.	149
Figura 83 - Opções de pesquisas para os solos.	150
Figura 84 - Modelo de impressão para dados integrados de solos.	150
Figura 85 - Opção de pesquisa sobre trabalhos associados ao PEUt.	151
Figura 86 - Apresentação dos pontos de monitoramento.	152
Figura 87 - Apresentação de teores de Ferro no solo do Parque.	152
Figura 88 - Apresentação de teores de Ferro nas águas subterrâneas.	153
Figura 89 - Proposta de canal de atendimento ao usuário.	154
Figura 90 - Instituições associadas à UC ou ao sistema proposto.....	155
Figura 91 - Estrutura relacional da proposta do SISPEUt.....	158
Figura 92 - Estimativas de gastos mensais relativos, para viabilizar a proposta do SISPEUt.....	160



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese dos demais dados disponíveis no SIAGAS do poço nº 1500002047.....	62
Quadro 2 - Síntese dos demais dados disponíveis na RIMAS do poço nº 1500005632.....	66
Quadro 3 - Unidades de Conservação desmatadas no Bioma Amazônia entre 2018 e 2020, em km ²	72
Quadro 4 - Parques Estaduais e Municipais na Amazônia.	81
Quadro 5 - População estimada e aglomerados subnormais na RMB.	87
Quadro 6 - Ocorrência de Barreiras e Pirabas na RMB.	98
Quadro 7 - Parâmetros indicadores de qualidade da água, segundo a RNQA. (continua)....	101
Quadro 8 - Compostos químicos alvo de pesquisa do PGAGEM.	103
Quadro 9 - Elementos químicos alvo de pesquisa do PGAGEM.....	104
Quadro 10 - Padrão de qualidade microbiológico segundo o Ministério da Saúde.	110
Quadro 11 - Parâmetros de qualidade das águas de superfície medidos pelo PGAGEM na Folha Belém.....	112
Quadro 12 - Parâmetros de qualidade das águas subterrâneas investigados pela RIMAS. ..	116
Quadro 13 - Parâmetros biológicos previstos na Resolução CONAMA 396/2008.....	117
Quadro 14 - Parâmetros de monitoramento para as águas superficiais.	135
Quadro 15 - Parâmetros de monitoramento para as águas subterrâneas.....	136
Quadro 16 - Parâmetros de monitoramento para os solos.....	136
Quadro 17 - Periodicidade para a geração de informações pelo SISPEUt.....	138
Quadro 18 - Previsão de gastos com a proposta de instalação e operacionalização do SISPEUt.....	159
Quadro 19 - Previsão de atividades mensais.....	160



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - RMB: taxa de crescimento dos municípios (1980, 1991, 2000, 2010 e 2020).	85
Tabela 2 - Valor limite de concentração de metais pesados (mg/kg) em solos de países europeus.....	113
Tabela 3 - Valores de referência para elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais.....	114
Tabela 4 - Proposta de valores de referência para elementos-traço em solos e águas subterrâneas no Pará (01).	118



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	Companhia Ambiental de São Paulo
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
DAGUA	Distrito Administrativo do Guamá
DABEL	Distrito Administrativo de Belém
DABEN	Distrito Administrativo do Benguí
DAENT	Distrito Administrativo do Entroncamento
DAICO	Distrito Administrativo de Icoaraci
DAMOS	Distrito Administrativo de Mosqueiro
DAOUT	Distrito Administrativo de Outeiro
DASAC	Distrito Administrativo da Sacramenta
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATUR	Empresa Brasileira de Turismo
EPA	Agência Ambiental Americana
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IBAMA	Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDEFLOR-Bio	Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITB	Instituto Trata Brasil
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NGTM	Núcleo de Gestão de Transporte Metropolitano de Belém
OMS	Organização Mundial de Saúde
PARNA	Parque Nacional



PDU	Plano Diretor Urbano
PEUt	Parque Estadual do Utinga
PES-PA	Plano Estadual de Saúde do Pará
PGAGEM	Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém
PMSB	Plano Municipal de Saúde de Belém
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água
PNMA	Plano Nacional de Meio Ambiente
RESEX	Reserva Extrativista
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
RIMAS	Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas
RMB	Região Metropolitana de Belém
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais
SEGRH-PA	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pará
SEIRH	Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do Pará
SEMAS-PA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará
SGB-CPRM	Serviço Geológico do Brasil
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SINIMA	Sistema de Informações sobre Meio Ambiente
SISPEUt	Sistema de Monitoramento Ambiental do Parque Estadual do Utinga
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SUS	Sistema Único de Saúde
UC	Unidade de Conservação
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
VIGIÁGUA	Programa do MS de Vigilância da Qualidade da Água
VIGIAR	Programa do MS de Vigilância da Qualidade do Ar
VIGISOLO	Programa do MS de Vigilância da Qualidade do Solo



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	22
2.1	Geral	22
2.2	Específicos	22
3	JUSTIFICATIVA	23
4	PROBLEMA IDENTIFICADO	24
4.1	Localização do Parque e ameaças antrópicas	24
4.2	Caminhamento das drenagens em direção à UC	27
4.3	Comprometimento da qualidade ambiental da Unidade de Conservação	33
4.4	Eventos hidrológicos extremos, surtos epidemiológicos e monitoramento ambiental	34
4.5	Ausência de sistema de levantamento, compilação, organização e difusão de dados	35
5	REFERENCIAL TEÓRICO	36
5.1	Adensamento populacional e qualidade ambiental urbana	36
5.2	Indicadores da qualidade ambiental urbana	38
5.3	Saneamento ambiental e qualidade ambiental urbana	41
5.4	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado e Doenças Emergentes	49
5.5	Monitoramento ambiental	51
5.6	Sistema de monitoramento ambiental	53
5.7	Sistemas de monitoramento no Brasil	55
5.7.1	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)	55
5.7.2	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)	59
5.7.3	Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)	63
5.7.4	Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH)	67
5.7.5	O Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA)	70
5.7.6	Sistema de Monitoramento Ambiental da CETESB.....	72
5.8	Implantação de parques urbanos na Amazônia	78
6	MATERIAL E MÉTODOS	83
6.1	Belém do Pará: de Cidade Ribeirinha a Metrópole da Amazônia	83
6.2	Área de estudo	89
6.3	Parâmetros indicadores da qualidade das águas e do solo utilizados no Brasil	100
6.4	Tratamento dos dados	119
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	130
7.1	SISPEUT: Objetivos	130
7.2	SISPEUT: requisitos e arquitetura	130
7.2.1	Requisitos	131



7.2.2	Arquitetura.....	132
7.3	SISPEUt: Parâmetros a serem monitorados	134
7.4	SISPEUt: Locais de monitoramento	138
7.5	SISPEUt: Interface com o usuário	142
7.5.1	Conhecendo o SISPEUt.....	142
7.5.2	Realizando Pesquisas.....	144
7.5.3	Visualizando Mapas.....	151
7.5.4	Contatando a Administração do Parque.....	153
7.5.5	Acessando o Portal de órgãos/instituições parceiras ou afins.....	154
8	CONCLUSÃO	162
	REFERÊNCIAS	166
	APÊNDICE A - O PEUT NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A RMB	193
	APÊNDICE B – ANÁLISE DO MONITORAMENTO AMBIENTAL NO CONTEXTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	208



1 INTRODUÇÃO

Belém é o núcleo de uma região metropolitana (RMB) que apresenta realidades e números de destaque. No aspecto florestal, a paisagem continental exhibe importantes fragmentos da floresta Amazônica, como, por exemplo, o Jardim Botânico Bosque Rodrigues Alves e o Museu Paraense Emílio Goeldi. Já na porção insular, as 42 ilhas que compõem a capital paraense apresentam a ruralidade de Belém, onde a diversidade vegetal oferece a matéria-prima para projetos extrativos, que buscam valorizar as populações ribeirinhas e incluí-las na economia regional (GUERRA; MESQUITA, 2020). Quanto ao potencial hídrico, consideráveis volumes de chuva fazem parte do cotidiano da população, enquanto que o Rio Guamá e a Baía do Guajará margeiam a cidade e desempenham importantes funções no dia-a-dia da metrópole. No subsolo os aquíferos Barreiras e Pirabas garantem água para atender bairros periféricos e distritos da capital paraense (ANA, 2018a).

Como geradora de bens e serviços, a RMB, entre 2002 e 2019, apresentou a maior expressão no PIB acumulado dentre todas as mesorregiões do estado do Pará (36,0%), ficando o sudeste paraense com a segunda participação no período (35,5%) (IBGE, 2021).

Apesar do destaque econômico e das riquezas naturais, Belém padece de um mal que, infelizmente, acomete as capitais núcleo de regiões metropolitanas no Brasil: a degradação da qualidade ambiental. Segundo Azevedo *et al.* (2020), na capital paraense este mal é resultado da adoção de políticas de habitação e desenvolvimento urbano equivocadas, que acabaram por forçar a população de baixa renda a ocupar áreas susceptíveis a enchentes e inundações, portanto, locais sem infraestrutura urbana. Os autores esclarecem ainda que este processo motivou o atual cenário de degradação dos recursos hídricos da cidade, em função, principalmente, da disposição de resíduos sólidos e esgoto doméstico, por parte dos moradores, nos cursos d'água.

De acordo com Souza (2020) a RMB possui sete parques urbanos, sendo quatro públicos e três particulares. Dentre eles o mais relevante para o cotidiano da população, em termos de fornecimento de serviços ambientais, alternativa de esporte e lazer, laboratório para educação ambiental e garantia de água para abastecimento, é o Parque Estadual do Utinga (PEUt), criado em 03 de maio de 1993, no interior da APA Belém, com superfície de 13,94 km², em área pertencente aos municípios de Belém (99,0%) e Ananindeua (1,0%), com coordenadas centrais em 01025'33"S/48025'11"W. Corroborando a citada relevância hídrica, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento esclarecem que, em 2020, a RMB consumiu cerca de 66 milhões de m³ de água, com grande parte deste volume sendo

fornecido pelo PEUt, através dos lagos Bolonha e Água Preta, que, para atingir tal nível de produção, recebem vazões provenientes do Rio Guamá. Porém, incoerentemente, 41,0% da população não teve acesso à rede de abastecimento público e 83,0% não contaram com coleta de esgoto (ITB, 2022a). Este espaço protegido não é só importante por suprir de água parte da RMB, entre 41,0% e 70,0% (ANA, 2018a; PARÁ, 2019), vai mais além, pois possui alto potencial para fornecer serviços ambientais e alternativas de lazer e educação ambiental para a população da RMB (PARÁ, 2013a). Vale ressaltar que esta discrepância nos percentuais de atendimento à população precisa ser avaliada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e a informação atualizada, exposta à sociedade.

Contrariamente a esta realidade de benefícios à coletividade, Souza (2020) esclarece que a falta de gestão ambiental proporcionou a ocupação desordenada do entorno do Parque, inclusive de áreas no seu interior. Destaca ainda que ao norte desta Unidade de Conservação da Natureza (UC) as residências avançam até as cabeceiras dos lagos Bolonha e Água Preta, a leste há cemitérios em plena operação e a oeste encontra-se o extinto lixão do Aurá, com todo o passivo ambiental correlato. Some-se a isso o fato de Belém e Ananindeua, municípios que dividem a área do PEUt, constarem, no Ranking do Saneamento 2020, entre os 10 piores em saneamento básico. Quanto aos investimentos no setor, Belém ficou abaixo da média nacional por habitante, entre 2016 e 2020 (ITB, 2022b).

Segundo Nunes (2019), a qualidade ambiental nas regiões metropolitanas está cada vez mais em declínio por conta da intensa urbanização, ocorrida em um curto espaço de tempo, o que trouxe como consequências “injustiça social, violência, impermeabilização do solo, redução de áreas verdes, formação de ilhas de calor, falta de universalização dos bens e serviços, entre outros [...]”. No caso da RMB, os dados expostos anteriormente indicam que há o paradoxo do Estado colaborar com a degradação do espaço que abriga o “celeiro das águas” de Belém, de onde o próprio Estado retira água, através da COSANPA, para abastecer grande parte da população da capital paraense (ANA, 2018a; PARÁ, 2019).

Com efeito, os parques urbanos podem ser laboratórios para experiências em educação ambiental e ao mesmo tempo fonte de informações acerca das consequências das atividades humanas sobre os recursos naturais. Neste sentido, a Nota Técnica da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES (2020a) alerta “para a identificação do novo coronavírus (SARS-CoV-2) em dejetos de pessoas infectadas e em esgotos de locais com focos da COVID-19”. Adicionalmente, estudo realizado em 2009 “constatou a persistência de vírus semelhantes ao SARS-CoV-2 em águas naturais e no esgoto por mais de 10 dias”

(ABES, 2020b). É oportuno ressaltar que, na RMB, áreas bastante povoadas tem seu esgoto carreado no sentido dos dois mananciais. Aliado a isso, toneladas de lixo estão se decompondo no subsolo do lixão do Aurá, sem acompanhamento prévio da abrangência da contaminação do chorume¹ produzido.

Pelo exposto, observa-se a necessidade de monitorar a qualidade ambiental do Parque, em prol da saúde da população que consome água oriunda dos lagos Bolonha e Água Preta, mas, também, em favor da conservação dos elementos naturais e dos serviços ecossistêmicos prestados à sociedade.

Sobre este assunto, López e Pardo (2018) esclarecem que em áreas protegidas, como os Parques, o monitoramento é privilegiado, pois estes espaços têm suas características biofísicas protegidas e limitações de atividades socioeconômicas, sendo mais fácil controlá-los em comparação com outras áreas submetidas a dinâmicas sociais e econômicas intensas.

Em consulta realizada ao *site* do Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – IDEFLOR-BIO (órgão gestor do PEUt), não foi identificada uma estrutura semelhante àquela acessível, por exemplo, no Portal da Agência Nacional de Águas (ANA), que disponibiliza informações sobre recursos hídricos, em formato de séries temporais (históricas), armazenadas em bancos de dados de fácil acesso (ANA, 2022a).

Então, no sentido de contribuir com o conhecimento da inter-relação entre a qualidade ambiental do PEUt e as ações antrópicas colocadas em prática na área de influência do parque ao longo das décadas de expansão populacional da RMB, neste trabalho apresenta-se um **Guia de Instruções para a concepção, instalação e operacionalização** de uma proposta de sistema de monitoramento, cujo objetivo é levantar sistematicamente dados qualitativos das águas superficiais e subterrâneas, bem como do solo do Parque, seguindo as metodologias de aquisição de dados da Geoquímica Ambiental², do monitoramento hidrogeológico³, da investigação microbiológica⁴ e do levantamento hidráulico⁵. O referido Guia apresenta-se

¹ Chorume: “resíduo líquido de cor escura e forte odor, composto pela degradação de matéria orgânica. Em alguns casos são encontrados metais pesados em sua composição e outros tipos de substâncias que causam contaminação direta do solo e corpos d’água próximos ou subterrâneos” (SANTOS *et al.*, 2020).

² Geoquímica Ambiental é a área do conhecimento que caracteriza o meio ambiente através do estudo da variação do conteúdo dos elementos químicos na litosfera, biosfera e atmosfera. Em alguns casos investiga-se o meio em que vive o ser humano para relacionar os resíduos de suas atividades com os materiais naturais preexistentes (SGB-CPRM, 2022a).

³ Monitoramento hidrogeológico consiste no levantamento sistemático quali-quantitativo dos depósitos de águas subterrâneas (SGB-CPRM, 2022b).

⁴ Investigação microbiológica da água tem por objetivo fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças, geralmente provenientes da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente (FUNASA, 2013).

acompanhado de um modelo adaptado às peculiaridades do PEUt, sendo o mesmo baseado nos princípios da gestão da informação⁶ e da difusão do conhecimento⁷, com o apoio de um banco de dados. Além de reunir informações atuais, esta proposta de sistema possibilita ainda compilar e oferecer aos usuários pesquisas pretéritas na área de estudo, o que poderá embasar a definição de marcos temporais relativos às mudanças qualitativas dos elementos ambientais do Parque Estadual do Utinga.

Ressalta-se que difundir tais informações à sociedade está previsto nas políticas ambiental, de recursos hídricos, de resíduos sólidos, de saneamento básico e tem por objetivo fomentar a educação ambiental, equilibrar o uso e ocupação do solo urbano, nortear ações em vigilância sanitária e saúde pública, embasar projetos habitacionais e direcionar a aplicação de recursos públicos em saneamento básico, tudo em prol da melhoria da qualidade de vida da população, do equilíbrio ecossistêmico, da equidade social e da erradicação da pobreza (BRASIL, 1981b, 1997, 2010, 2020a). Modernamente, inclui-se nesta relação a prevenção ao surto de novas doenças pandêmicas e estudos sobre os efeitos do aquecimento global em ambientes urbanos.

⁵ Levantamento hidráulico consiste na obtenção de conhecimentos em benefício da captação, adução e distribuição de águas de abastecimento urbano, bem como em apoio a estudos envolvendo cursos d'água, voltados para a preservação dos ecossistemas aquáticos, dispersão de poluentes, problemas relacionados com erosão e assoreamento [...] (GUEDES, 2018).

⁶ Gestão da Informação é uma área multidisciplinar que permite o processamento, armazenamento, classificação, identificação e compartilhamento de registros, sejam eles digitais ou físicos. O principal objetivo é garantir que todos os dados cheguem às pessoas certas sem que ocorram erros ou problemas de integridade (UFPE, 2020).

⁷ Difusão do conhecimento é a capacidade de transformar o conhecimento teórico ou prático em ferramenta útil para a sociedade (MOURA, 2007).



2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Elaborar um Guia de Instruções para a concepção de um sistema de monitoramento das águas e do solo do Parque Estadual do Utinga (PEUt), que seja interpretado como um produto tecnológico imprescindível à conservação destes componentes ambientais e à melhoria dos serviços prestados por esta Unidade de Conservação (UC) à população da RMB.

2.2 Específicos

2.2.1 Realizar levantamento bibliográfico e documental sobre o desenvolvimento da RMB e os efeitos no PEUt.

2.2.2 Realizar estudo de casos de UCs que desenvolvem o monitoramento ambiental, com vistas a conhecer suas características, objetivos e benefícios definidos para a sociedade.

2.2.3 Definir parâmetros a serem monitorados, com base em normas, programas e projetos hidro-ambientais; nas propostas dos Planos de Desenvolvimento Urbano e de Saneamento da RMB; nas necessidades em vigilância sanitária/epidemiológica e de acordo com o Plano de Manejo do Parque.

3 JUSTIFICATIVA

Com base na constatação da inegável importância do PEUt no cotidiano da RMB, vislumbrou-se a necessidade de apresentar uma proposta de sistema de monitoramento que seja entendido como um produto tecnológico ímpar, bastante necessário para a sociedade e de grande relevância socioeconômica e ambiental à RMB. Algo que possa ser replicado em outras unidades de conservação, do tipo parque urbano, em todo o estado do Pará, logicamente, adaptado às peculiaridades locais.

Adicionalmente julgou-se relevante para o desenvolvimento regional, fomentar o trabalho colaborativo entre as instituições municipais, estaduais e federais que têm como missão a gestão ambiental, hídrica e de saúde pública, através da proposição de um sistema de monitoramento que possa subsidiar com informações sobre a qualidade das águas e do solo, gestores, cientistas, pesquisadores e políticos, cuja atuação sinérgica pode trazer benefícios à sociedade da RMB e ao próprio Parque Estadual do Utinga. De forma complementar, vislumbrou-se a possibilidade de auxiliar o Comitê Gestor da UC em seu principal objetivo, que é “contribuir, de forma participativa, com a Gestão da Unidade de Conservação, garantindo, assim, a sua participação na Gestão da UC” (ICMBio, 2013), trazendo a este conselho a possibilidade de referendar o Guia de Instrução e o modelo proposto, em busca de uma futura implantação do SISPEUt na área protegida.

É importante destacar que a relação de causa e efeito entre o estado de conservação da água e do solo motivou a seleção destes dois componentes ambientais como alvos da proposta de monitoramento apresentada neste trabalho. Ademais, a escolha de investigar, de início, apenas a qualidade destes dois componentes da área protegida, permite que o sistema seja de menor custo em relação a outros que monitoram, também, por exemplo, a qualidade do ar e a emissão de gases para a atmosfera, o que torna o mesmo mais fácil de ser implantado pelo órgão competente.

4 PROBLEMA IDENTIFICADO

Para desenvolver com substância este tema, é necessário abordar as realidades da Região Metropolitana de Belém destacadas a seguir:

4.1 Localização do Parque e ameaças antrópicas

Souza (2020) esclarece que a implantação do Parque se deu de forma conflituosa, em 1993, pois a área já era ocupada por alguns moradores, algo que não foi levado em conta no processo. O autor informa ainda que o descompromisso com a gestão ambiental fomentou o crescimento de ocupações irregulares no entorno da UC, inclusive no interior da mesma. Nas **Figuras 01 e 02** constam fotos aéreas, registradas em 08/10/2022, onde é possível observar quão próximos das cabeceiras dos lagos Bolonha e Água Preta estão localizados conjuntos habitacionais e residências unifamiliares, os quais colocam em risco um dos principais objetivos do Parque, que é garantir a proteção e a ampliação da vida útil dos mananciais da RMB (PARÁ, 2013b). De fato, segundo Silva *et al.* (2020), a retirada da vegetação e impermeabilização do solo tende a impedir que as bacias hidrográficas periurbanas mantenham suas características naturais de fornecedoras de serviços ambientais, principalmente no que diz respeito ao provimento de água em grande quantidade para o perfeito funcionamento das cidades.

Figura 1 - Imagem das cabeceiras do Lago Bolonha com pressão territorial.



Fonte: Registrada pelo autor, em 08/10/2022, com o auxílio de um drone.

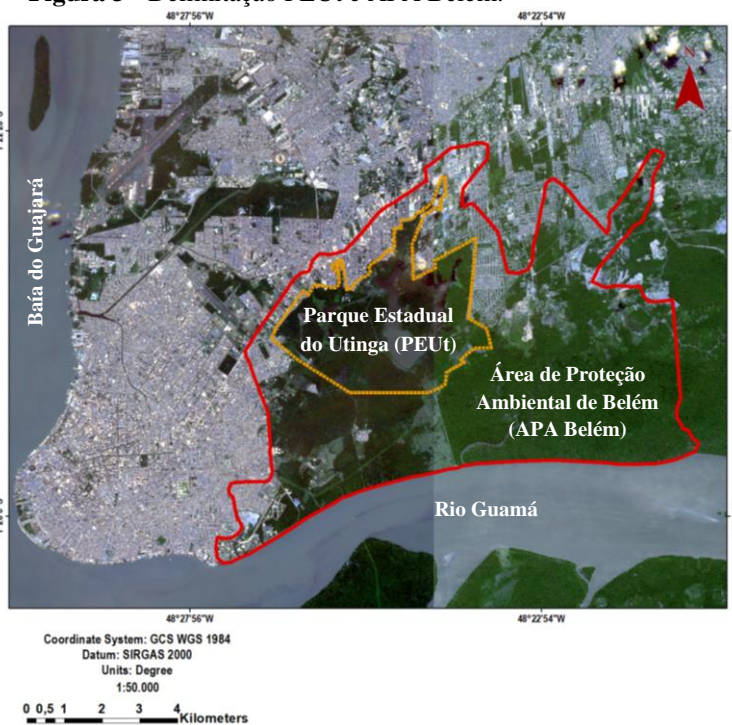
Figura 2 - Imagem das cabeceiras do Lago Água Preta com pressão territorial.



Fonte: Registrada pelo autor, em 08/10/2022, com o auxílio de um drone.

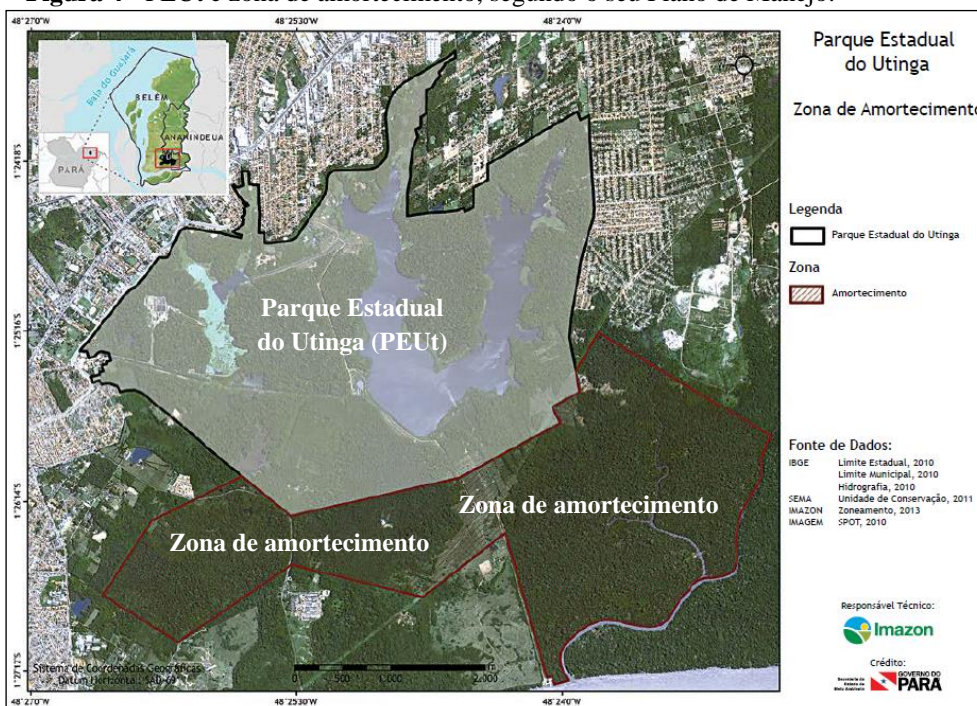
Ressalta-se que estas ocupações estão em desacordo com o inciso XVIII, do Artigo 2º, da Lei Federal nº 9.985, de julho de 2000, que preconiza ser caracterizada como zona de amortecimento a “área do entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. Dentre tais restrições está a ocupação do solo para fins de moradia. A área do entorno do PEUt pertence a outra UC, denominada APA Belém (SOUZA, 2020) (**Figura 03**). Apesar desta caracterização territorial, no Plano de Manejo do Parque a zona de amortecimento resume-se apenas à área limítrofe sul da UC, como mostrado na **Figura 04**, cujos impactos estão associados quase que exclusivamente ao saneamento precário da parte urbanizada de Belém e Ananindeua (PARÁ, 2013b).

Figura 3 - Delimitação PEUt e APA Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - PEUt e zona de amortecimento, segundo o seu Plano de Manejo.



Fonte: Adaptado de PARÁ (2013b).

É necessário ressaltar que, apesar deste aparente conflito de informações, o citado Plano de Manejo, no capítulo que trata do zoneamento da área, considera a zona de amortecimento do PEUt o limite da APA Belém (PARÁ, 2013b, p. 242).

Santo (2014) afirma que anteriormente à criação do PEUt, mais precisamente em 1989, a Prefeitura de Belém já utilizava uma área às proximidades, conhecida como Aurá, para depositar o lixo municipal. Assim, a finalidade de preservar a qualidade da água dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais que abastecem parte da população de Belém e região metropolitana, fica comprometida. Souza (2020) explica que a ocupação desordenada de áreas periféricas do Parque representa a maior fonte de pressão antrópica para os mananciais de Belém, seja pelo aumento da demanda de água tratada, seja pelas alterações de áreas próximas dos lagos Bolonha e Água Preta (**Figura 05**).



Fonte: Registrada pelo autor, em 08/10/2022, com o auxílio de um drone.

De acordo com Aviz (2021), a capital paraense exhibe um cenário de pressão antrópica constante aos recursos hídricos urbanos, fato que promove a deteriorização da qualidade das águas, impondo, desta forma, riscos aos componentes ambientais da cidade, obstáculos aos processos produtivos locais e gastos extras ao tratamento da água para fins de abastecimento público.

4.2 Caminhamento das drenagens em direção à UC

Rodrigues e Matos (2018), bem como Castro *et al.* (2020), informam que o PEUt pertence à bacia hidrográfica dos lagos Bolonha e Água Preta, cujas principais drenagens são



os Igarapés Murutucum e Água Preta, que fluem em direção ao Rio Guamá, na porção da confluência entre Belém e Ananindeua que exibe as menores cotas, no sentido centro-sul da área (**Figura 06**).

Os autores destacam ainda que cerca de 30% da área da bacia hidrográfica está urbanizada, fato que atrai, ao mesmo tempo, a construção de condomínios de alto padrão e assentamentos irregulares, chamados invasões, em função do espaço preservado correspondente aos 70% restantes. Em ambos os casos há consequências para os componentes ambientais da UC na materialização de desmatamentos e compactação do solo que, aliados à falta de infraestrutura de saneamento e drenagem urbana, propiciam o carreamento, para os lagos Bolonha e Água Preta, de sedimentos, dejetos humanos e de animais, além de outras substâncias presentes no solo. Esta realidade, segundo Silva *et al.* (2019b), acaba por diminuir o nível de oxigênio nas águas dos citados lagos, em função da entrada de nutrientes presentes em esgotos domésticos, sobretudo no período chuvoso (dezembro a maio).

A presença exacerbada de nutrientes em mananciais urbanos, principalmente nitrogênio e fósforo, causam a eutrofização das águas, condição esta que propicia o aumento de macrófitas aquáticas (plantas emergentes em corpos d'água), que por sua vez diminuem progressivamente a concentração de oxigênio, comprometendo assim a função ecológica do corpo hídrico afetado (OLIVEIRA, 2018; SILVA *et al.*, 2020; PIRES, 2021).

Figura 6 - Fluxo das drenagens na área de estudo e no entorno dela.



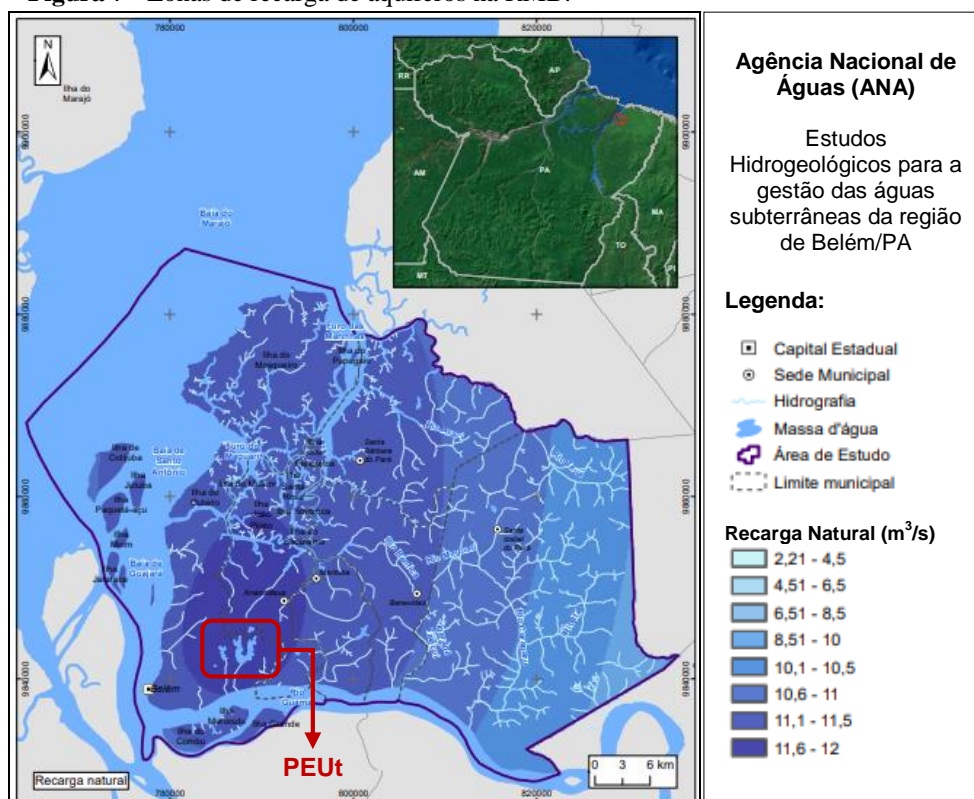
Fonte: Elaborado pelo autor.

Adicionalmente, ANA (2018b) esclarece que a área do PEUt está inserida na zona de maior recarga dos aquíferos presentes no subsolo da RMB, com vazões de reposição das águas subterrâneas variando entre $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $12 \text{ m}^3/\text{s}$, na citada zona (**Figura 07**). Enfatiza, porém, que neste intervalo há a contribuição indesejada de esgotos domésticos, onde Belém e Ananindeua colaboram com as maiores vazões, para toda a área urbana da RMB, na ordem de $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

De acordo com ANA (2018c), a recarga de aquíferos tem duas naturezas: a direta, a qual compreende a infiltração e percolação da água precipitada, que escoada da zona não saturada até o depósito subterrâneo, e a indireta, que está associada à contribuição de corpos d'água superficiais ao armazenamento hídrico de subsuperfície. Assim sendo, conclui-se que a recarga da zona onde encontra-se o PEUt tem ambas as naturezas, além do aporte de esgotos

domésticos. Tais esclarecimentos podem explicar melhor os valores expostos na **Figura 07**, pois a área é densamente povoada, e conta com a presença de vários rios, canais e igarapés, além dos lagos Bolonha e Água Preta.

Figura 7 - Zonas de recarga de aquíferos na RMB.



Fonte: Adaptado de ANA (2018b).

Relativamente à contribuição do sistema viário da região metropolitana no fluxo de substâncias em direção à UC, o prolongamento da Avenida João Paulo II representa um risco à integridade dos aludidos lagos, em razão do transporte de cargas perigosas configurar uma possível fonte de dispersão de resíduos potencialmente contaminantes na rodovia, fato que aliado ao regime pluviométrico e à baixa topografia da área, pode consolidar um cenário de ampliação da entrada de substâncias nocivas no PEUt (**Figuras 08 e 09**).

Convém destacar que o projeto da Avenida prevê jardins filtrantes como removedores de tais resíduos. A implantação desta tecnologia teve início em agosto de 2014, porém, não foram encontrados registros de conclusão e operacionalização deste sistema e muito menos elementos para confirmar a eficácia desta medida (VIANA, 2014; SOUZA, 2018). Ressalta-se que o último autor faz um questionamento acerca da efetividade desta única opção de tratamento para depurar toda a carga poluidora de origem difusa direcionada ao PEUt.

Jardins filtrantes constituem-se em estruturas depuradoras de água, que combinam material filtrante (pedra, areia, seixo ou cascalho) com macrófitas aquáticas do ambiente onde será implantado este sistema de tratamento, as quais, através de suas raízes e dos microrganismos existentes nelas, conseguem remover, fixar e tratar poluentes (SANTANA JÚNIOR, 2018; PINOTTI, 2022).

Na execução do prolongamento da Avenida João Paulo II, os jardins filtrantes foram concebidos segundo as estruturas de SAC's (sistemas alagados construídos), SAF's (sistemas alagados flutuantes) e SAN's (sistemas alagados naturais), como mostra a **Figura 10** (SANTANA JÚNIOR, 2018).

Figura 8 - Imagem das cabeceiras do lago Bolonha com drenagem da Av. João Paulo II.



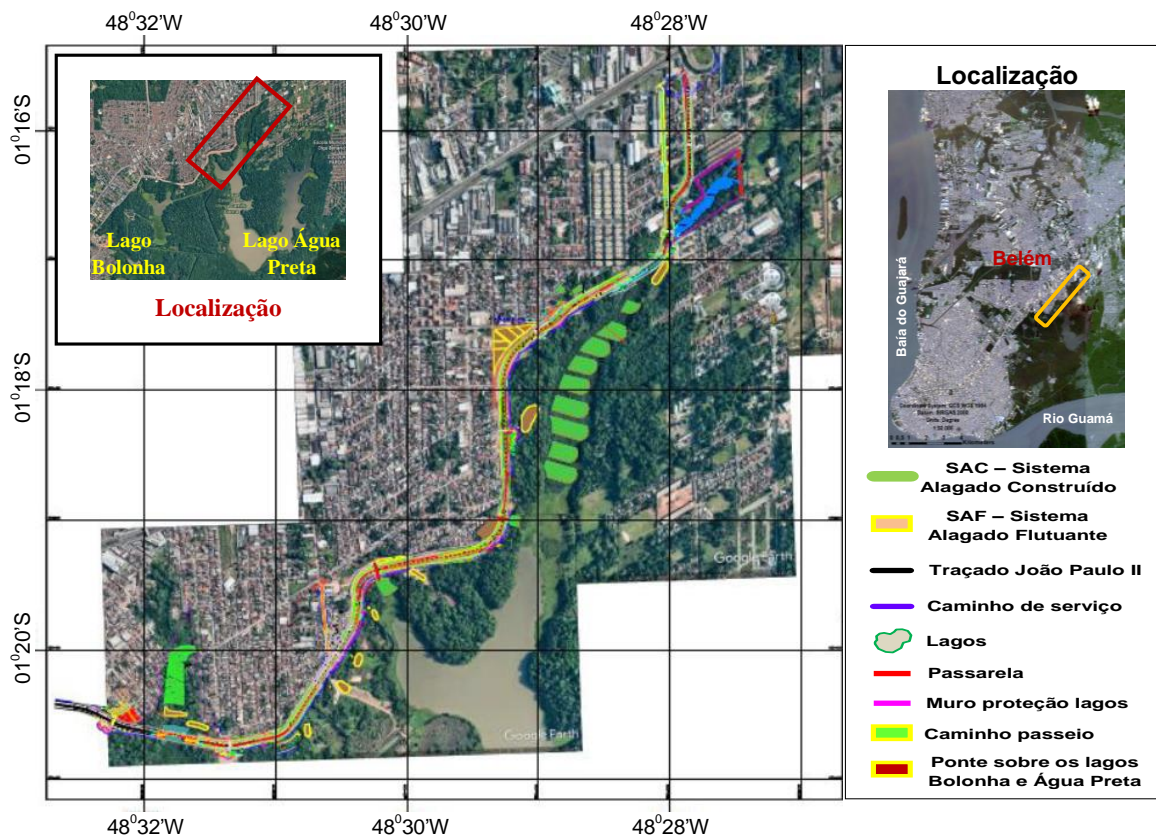
Fonte: Registrada pelo autor, em 08/10/2022, com o auxílio de um drone.

Figura 9 - Imagem das cabeceiras do lago Água Preta com drenagem da Av. João Paulo II.



Fonte: Registrada pelo autor, em 08/10/2022, com o auxílio de um drone.

Figura 10 - Projeto dos jardins filtrantes na Avenida João Paulo II.



Fonte: Adaptado de Santana Júnior (2018).

Com relação à manutenção desta tecnologia voltada para o desenvolvimento socioambiental das cidades, a coordenação do Núcleo de Gestão de Transporte Metropolitano (NGTM) de Belém informa que pode ser realizada por empresas regionais, com uso de

materiais e plantas locais, não sendo necessária a interferência de especialistas no assunto (VIANA, 2014).

É importante frisar que, apesar de implementado, este sistema não conta atualmente com medidas para aferir sua eficiência e/ou eficácia, como também de manutenção ao longo dos anos, desde a sua implantação.

Apesar desta realidade, no Brasil estudos sobre o tema comprovam que a eficiência dos Jardins Filtrantes é alta, podendo chegar a 95% na remoção de patógenos, DBO, nutrientes e sólidos suspensos totais (SST). Já com relação à manutenção, os pesquisadores informam que esta é de baixa frequência, podendo chegar a 10 anos o intervalo entre as sucessivas averiguações e correções de todo o sistema (BURLAMAQUI, 2019; RIBEIRO; BLAETH, 2020; SILVA *et al.*, 2021).

4.3 Comprometimento da qualidade ambiental da Unidade de Conservação

Santo (2014) destaca que análises realizadas em 2010, na área de influência do lixão do Aurá, confirmaram a condição das águas dos poços utilizadas pelos moradores fora dos padrões descritos na Resolução CONAMA nº 396/2008 (CONAMA, 2008).

Almeida e Souza (2018), em trabalho de auditoria ambiental, encontraram pontos de lançamento de esgoto *in natura* nos mananciais do PEUt (**Figura 11**).

Figura 11 - Despejos de esgoto na área do PEUt.



Fonte: Almeida e Souza (2018).

Machado e Moura (2019) esclarecem que o Rio Aurá, localizado às proximidades do PEUt, representa uma ameaça constante à boa qualidade da água que abastece Belém, já que

estudos, entre 2002 e 2018, confirmaram a presença de metais pesados e compostos orgânicos em sua bacia hidrográfica.

Araújo *et al.* (2021) informam que pesquisas realizadas em 2011 e 2014, sobre a qualidade das águas dos lagos Bolonha e Água Preta, bem como dos Rios Guamá e Aurá, demonstraram que os resultados obtidos refletiam o aumento da carga de esgoto não tratado lançado nos corpos d'água, fruto do crescimento populacional na RMB.

Especificamente no caso do Rio Guamá, as águas comprometidas por resíduos e efluentes de Belém e da Baía do Guajará, se tornam mais uma ameaça ao Parque, já que, segundo Araújo Júnior (2015) e Castro *et al.* (2020), os lagos Bolonha e Água Preta necessitam do aporte volumétrico do citado rio, para abastecer parte da população da RMB. Atualmente tal aporte é da ordem de 3,20 m³/s, podendo chegar a 6,80 m³/s, de acordo com a outorga de captação publicada em 15/04/2016 pelo órgão competente (ANA, 2016, 2018b). Neste contexto, Oliveira *et al.* (2018) alertam que medidas preventivas devem ser tomadas, pois as águas aduzidas podem carregar metais pesados, substâncias químicas nocivas à saúde e microrganismos patogênicos. Todavia, esta opinião é contestada por Silva (2014) e Pires (2021), que referendam a boa qualidade das águas do Rio Guamá em suas pesquisas científicas.

Para Silva *et al.* (2020), a degradação dos serviços ambientais prestados pelo Parque está intimamente ligada ao aumento de ocupações no entorno e às mudanças no uso do solo, que juntas causam as poluições difusas e pontuais na UC. Os autores destacam ainda que os esgotos deste contingente populacional, despejados irregularmente nas drenagens locais, favorece o crescimento de macrófitas aquáticas, que se proliferando, diminuem a superfície referente à hidrografia da área a ser preservada.

4.4 Eventos hidrológicos extremos, surtos epidemiológicos e monitoramento ambiental

Silva Júnior (2018) explica que Belém, devido às características fisiográficas das bacias urbanas e a topografia de seu território, apresenta, de forma rotineira, alagamentos e inundações que causam prejuízos econômicos e materiais à população afetada.

Barbi e Rei (2021) destacam que esses eventos hidrológicos estão se tornando mais frequentes ao redor do mundo, devido às mudanças climáticas.

Lima-Camara (2016) esclarece que os efeitos das mudanças climáticas também são fatores ligados à emergência das arboviroses, que são doenças tropicais transmitidas por mosquitos vetores, tais como o *Aedes Aegypti*.

Os Boletins Epidemiológicos do Ministério da Saúde, relativos ao período de dezembro/2019 e abril/2020, mostram que, no estado do Pará, houve o aumento de casos das arboviroses dengue, zika, *chikungunya* e febre amarela (BRASIL, 2020b, 2020c). Alves (2021) informa que, entre janeiro e julho/2021, o número de infectados por dengue, em Belém, aumentou cerca de 200%, em relação ao mesmo período do ano anterior.

Donateli *et al.* (2019) esclarecem que as arboviroses são doenças que demandam vigilância constante em nível mundial, pois representam sérios riscos à saúde pública. Informam ainda que em 2015 houve aumento de quase 50% de mortalidade por dengue no mundo. Adicionalmente, Gouveia (2021) afirma que a sociedade global experimenta uma crise sanitária sem precedentes: a pandemia da COVID-19. Neste contexto, Ferreira (2020) defende o trabalho colaborativo entre os serviços saneamento e vigilância sanitária, através do monitoramento da circulação de vírus nas águas de abastecimento e esgotos domésticos, em prol da otimização do uso dos recursos disponíveis e fortalecimento de medidas de profilaxia na área investigada.

4.5 Ausência de sistema de levantamento, compilação, organização e difusão de dados

Muitos trabalhos científicos e acadêmicos já foram realizados na área do Parque Estadual do Utinga, sobre variados temas.

Dentre eles podem ser citados Lima (2008) e Holanda (2010): Estudos morfológicos e hidrodinâmicos dos mananciais que abastecem Belém; Cruz (2012): Análise da concentração de material em suspensão no canal que interliga os lagos do PEUt; Silva (2014) e Oliveira *et al.* (2018): Presença de metais pesados e nutrientes nas águas; PARÁ (2013b): Avaliação da qualidade dos recursos hídricos da UC; Silva *et al.* (2019a) e Chaves *et al.* (2021): Fármacos e micropoluentes nas águas do Lago Bolonha.

Apesar das citadas pesquisas apresentarem resultados importantes para o manejo do Parque Estadual do Utinga, o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade (IDEFLOR-Bio), órgão gestor da Unidade de Conservação, não apresenta em seu arranjo organizacional um sistema que objetive a compilação, o armazenamento e a difusão dessas e de outras informações sistemáticas sobre a UC (PARÁ, 2018a).

Tal fato vai de encontro aos dispositivos da Lei nº 9.985, que estabelece normas para a criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2000) e, sobretudo, do Plano de Manejo do PEUt, que evidencia medidas de acompanhamento quali-quantitativo dos elementos ambientais do Parque, em prol da geração de pesquisas, a fim de subsidiar a sua gestão (PARÁ, 2013b).

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Adensamento populacional e qualidade ambiental urbana

Em primeiro lugar, torna-se necessário definir o que é qualidade ambiental. De acordo com Benini (2017), a qualidade ambiental está intimamente ligada à qualidade de vida, sendo que esta associação reforça o entendimento que vida e meio ambiente são inseparáveis, e que suas interações e equilíbrio se modificam em escala, tempo e lugar.

Com relação ao termo “meio ambiente”, BRASIL (1981b) esclarece que se constitui “no conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Então, relativamente à qualidade ambiental urbana, pode-se aferir que trata-se da inter-relação entre qualidade de vida e a qualidade ambiental, onde o ser humano é agente ativo ou passivo na produção, reprodução, degradação, destruição do ambiente urbano no qual está inserido (BENINI, 2017).

O uso e a ocupação do solo são componentes vitais da qualidade ambiental urbana. Neste contexto, a densidade populacional exacerbada, o conflito de usos e a segregação socioeconômica, tornam-se os principais fatores de degradação do meio (BENINI, 2017).

Com relação ao uso e ocupação do solo em nível global, Nunes (2019) alerta para o fato de o mundo em desenvolvimento abrigar mais de 90% do crescimento urbano do planeta, com o aporte de cerca de 70 milhões de habitantes por ano. Segue informando que, superando Ásia e África, a América Latina detém uma das maiores taxas de urbanização, em relação a outras regiões formadas por países em desenvolvimento. Em média, chega a 76%. Conclui sua análise esclarecendo que este processo desordenado de urbanização negou à grande parte da população o direito à moradia digna e a serviços públicos essenciais, tais como: coleta de resíduos sólidos e esgoto, abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica.

Estabelecendo uma relação entre o avanço temporal do fenômeno em nível global e os primórdios do processo de urbanização no Brasil, cita-se o trabalho de Mussi e Peltier (2015), onde está posto que o primeiro caso registrado de ocupação coletiva em local inapropriado (encosta de morro) data do início do século XX, no estado do Rio de Janeiro, **Figura 12**.

A motivação para ocupar um espaço tão inóspito foi o não pagamento dos soldos devidos aos combatentes da Guerra de Canudos, que não encontraram outra solução a não ser abrigar suas famílias em casebres no Morro da Providência (RJ). O processo de favelização⁸,

⁸ Favelização: Ato, efeito ou processo de transformar (-se) em favela (MICHAELIS, 2021).

como ficou conhecida aquela forma de ocupação, trouxe a destruição de largos trechos urbanos e ocasionou a poluição da cidade (MUSSI; PELTIER 2015).

Figura 12 - Morro da Providência – Rio de Janeiro (RJ), 1910.



Fonte: Mussi e Peltier (2015).

Analisando o trabalho de pesquisadores que estudaram o adensamento populacional na Amazônia, cita-se Nunes (2019) que faz uma reflexão sobre o processo na região e comenta que na década de 1970 a população urbana era 37%, passando para 46%, em 1980, chegando a 46%, em 1991. Em 2010, 73% da população já se encontrava estabelecida em centros urbanos, sendo que, em função da velocidade de imigração e desconcentração da população, as cidades se tornaram um dos maiores problemas ambientais da Amazônia. O aumento da pobreza, a ausência de infraestruturas e a falta de saneamento básico só fizeram agravar a degradação da qualidade ambiental dos centros urbanos.

Como integrantes da região Amazônica, Belém e região metropolitana apresentam de forma clara esta realidade nas periferias, como, por exemplo, na comunidade da Vila da Barca, **Figura 13**.

Figura 13 - População da Vila da Barca convive com o lixo.



Fonte: Barbosa (2020).

Mostrando este cotidiano de progressiva degradação ambiental, Barbosa (2020) informa que os mais de sete mil moradores da Vila da Barca, uma das maiores favelas do Brasil, localizada no bairro do Telégrafo, em Belém (PA), cujas casas são sustentadas por estacas às margens da Baía do Guajará (palafitas), sofrem com o descaso das autoridades públicas, sendo comum no local cenas inadmissíveis de crianças brincando em meio ao lixo. A autora completa seu relato explicando que a falta de água nas torneiras, esgoto sanitário a céu aberto e ausência de energia elétrica fazem parte da rotina dos moradores.

Barbosa (2020) declara ainda que a predominância de palafitas na citada favela reflete as políticas habitacionais implantadas pelos governos estadual e municipal, muito antes da implantação deste assentamento urbano, ou seja, a Vila da Barca é o produto de tais políticas.

De acordo com Moraes *et al.* (2022), na atualidade o comprometimento da qualidade ambiental nas cidades não é fruto primordialmente do adensamento populacional e da consequente carência de infraestrutura urbana, vai mais além e tem como outro fomentador os efeitos das mudanças climáticas, que alteram os regimes de chuva e potencializam o risco de alagamentos, inundações e enxurradas, que, via de regra, são induzidos pela ação de um exacerbado contingente humano desassistido pelo poder público. Estas ocorrências, invariavelmente, causam expressivos transtornos ao cotidiano das grandes cidades e degeneram a qualidade dos elementos ambientais em meio urbano, como, por exemplo, de Unidades de Conservação da Natureza (UCs).

5.2 Indicadores da qualidade ambiental urbana

Com o intuito de diversificar e enriquecer o entendimento sobre o que é qualidade ambiental urbana, assunto abordado no item anterior, evoca-se Dias *et al.* (2011), que apresentam uma análise multiautoral sobre o tema.

Na síntese desta análise é possível afirmar que a qualidade ambiental urbana está associada ao equilíbrio entre a preservação do patrimônio natural e os fatores sociais, culturais, econômicos e políticos das cidades, de modo a promover um habitat saudável e a satisfação das necessidades básicas da coletividade de forma sustentável. Portanto, é condição necessária para garantir o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida da população, cuja defesa e preservação estão sob a responsabilidade conjunta da coletividade e do poder público (Artigo 225 da Constituição Federal de 1988).

Mas, como selecionar as variáveis ambientais nos espaços urbanos que possam indicar a sadia qualidade de vida da população, como efeito de uma relação harmônica e respeitosa com a natureza?

Sem dúvida alguma a procura por uma resposta universal é infrutífera. Como referendo a esta afirmação, Gomes e Soares (2004) esclarecem que são controversas as concepções de variáveis que podem definir o padrão de qualidade ambiental de uma área urbana, por exemplo. O entendimento do que é mais ou menos importante no meio para definir sua qualidade não usufrui de unanimidade entre os cidadãos, os gestores e os planejadores.

Em função de não haver consenso, a utilização de variáveis que definam a qualidade ambiental urbana deve ficar a critério do pesquisador, porém, é imprescindível que estas permitam uma análise sistêmica do espaço geográfico em estudo (GOMES; SOARES, 2004).

O principal formulador e implementador das políticas públicas ambientais no território nacional, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), apresenta em seu portal, no assunto cidades sustentáveis, o seguinte esclarecimento sobre indicadores:

A formulação de indicadores ao longo das últimas décadas vem se consolidando como uma importante ferramenta para planejamento e avaliação de políticas públicas, entre elas a política ambiental urbana. A correta utilização e leitura de indicadores possibilita o fortalecimento das decisões, facilitando, entre outras dinâmicas, a participação da sociedade.

Com o crescimento da população urbana mundial e a consequente expansão das cidades, principalmente nos países em desenvolvimento, é fundamental a definição e monitoramento de indicadores de qualidade ambiental urbana nos municípios brasileiros. A avaliação desses indicadores permitirá, entre outras ações, a inserção de variáveis e parâmetros ambientais nos instrumentos de caráter urbanístico, como planos diretores, planos setoriais, leis de parcelamento do solo e zoneamentos urbanos (BRASIL, [2020?], sem página).

Pereira *et al.* (2020) chamam a atenção para a importância do estudo da qualidade ambiental urbana, na medida em que os conhecimentos adquiridos indicam os principais agentes influenciadores da qualidade de vida do cidadão. Observa o autor que o

monitoramento de indicadores relacionados a esses agentes constitui-se em uma importante ferramenta para a gestão urbana, pois atua na prevenção da degradação ambiental e fornece subsídios para o processo de tomada de decisões.

Em 2017 foi disponibilizado, através do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, o resultado da pesquisa sobre Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS, que retratam as condições de vida da população. A apresentação dos dados foi organizada através das dimensões ambiental, social, econômica e institucional. De acordo com a pesquisa “um dos desafios da construção do desenvolvimento sustentável é o de criar instrumentos de mensuração, tais como indicadores de desenvolvimento”. Os indicadores representam “ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem” (IBGE, 2017).

Os dados disponibilizados pelo SIDRA, para a dimensão ambiental, apresentam os temas e indicadores descritos a seguir, que impactam diretamente a qualidade de vida da população.

- a) tema: água doce - indicador: qualidade de águas interiores.
- b) tema: saneamento - indicadores: acesso a serviço de coleta de lixo doméstico; destinação final do lixo; acesso a sistema de abastecimento de água; acesso a esgotamento sanitário; tratamento de esgoto.

Com relação à dimensão social, o tema habitação, com o indicador: adequação de moradia, reflete a forma como o espaço geográfico foi ocupado, o que pode impactar negativamente os indicadores da dimensão ambiental, caso o processo de apropriação do solo tenha sido desordenado e em locais inapropriados para a construção de moradias (IBGE, 2017).

Segundo Pereira *et al.* (2020) “os indicadores podem oferecer uma visão global da qualidade ambiental de determinados locais e, quando correlacionados, podem gerar conhecimentos de grande importância para os planejadores e gestores do espaço urbano”.

Então, neste contexto, a seleção de indicadores da qualidade ambiental urbana deve obedecer a critérios específicos de cada espaço onde se pretende mensurar os impactos das ações antrópicas nos elementos ambientais. Porém, observa-se que aqueles definidos pelo IBGE, para aferir o desenvolvimento sustentável, são promissores, pois exibem pressões sobre o ambiente e envolvem questões pertinentes às políticas ambiental, habitacional, de

saneamento e desenvolvimento urbano, além de influenciarem fortemente a saúde e a qualidade de vida da população (IBGE, 2017).

5.3 Saneamento ambiental e qualidade ambiental urbana

A Lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, preconiza, de forma sintética, que o saneamento básico compreende os serviços de abastecimento de água; coleta e tratamento de esgotos; limpeza urbana, coleta e destinação do lixo; e drenagem e manejo da água das chuvas. Declara ainda a titularidade compartilhada dos serviços de saneamento básico (União/Estados/Municípios) e ratifica a participação da sociedade na implementação da política nacional de saneamento básico, em especial nas cidades e regiões metropolitanas brasileiras (BRASIL, 2007a).

Para Lima (2013), a melhoria da qualidade de vida nas cidades está intimamente relacionada ao saneamento ambiental, que se constitui nos serviços de abastecimento de água, energia elétrica, esgotamento sanitário, coleta de lixo, drenagem urbana e pavimentação das vias.

Já Aquino (2014) define Saneamento ambiental como o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a Salubridade Ambiental, que se resume na condição do meio em prevenir a ocorrência de doenças e promover condições favoráveis à saúde da população.

Saneamento ambiental, portanto, tem maior abrangência do que saneamento básico, pois inclui os preceitos deste último associados à preservação ambiental, tendo como objetivos a manutenção da boa qualidade do ar, da água e do solo, através, principalmente, da destinação adequada dos resíduos sólidos e esgotos, do acesso universal à rede de distribuição de água, da minimização dos impactos ambientais e do fomento à educação ambiental (AQUINO, 2014).

Em consonância com tal análise, Oliveira *et al.* (2021) e Gonçalves *et al.* (2022) convergem suas conclusões no sentido de eleger o controle de vetores de doenças de veiculação hídrica, bem como a vigilância e gestão da produção de alimentos, como condições imprescindíveis à promoção da boa qualidade de vida da população, condição esta intimamente relacionada ao saneamento ambiental, segundo Lima (2013).

É fato que o morador urbano, independentemente de classe social, anseia viver em um ambiente equilibrado e com qualidade. Porém, Campos *et al.* (2021) esclarecem que, em locais com grande adensamento populacional, a demanda e pressão por novas áreas em espaços centrais nas cidades ocasiona a exploração descontrolada dos recursos naturais e

causa a diminuição da cobertura vegetal, a contaminação do solo e dos cursos d'água por esgotos e resíduos sólidos, além de promover processos erosivos e mudanças no microclima urbano. Os autores ainda informam que este processo de ocupação do solo nas cidades só traz como resultado a acentuada degradação ambiental.

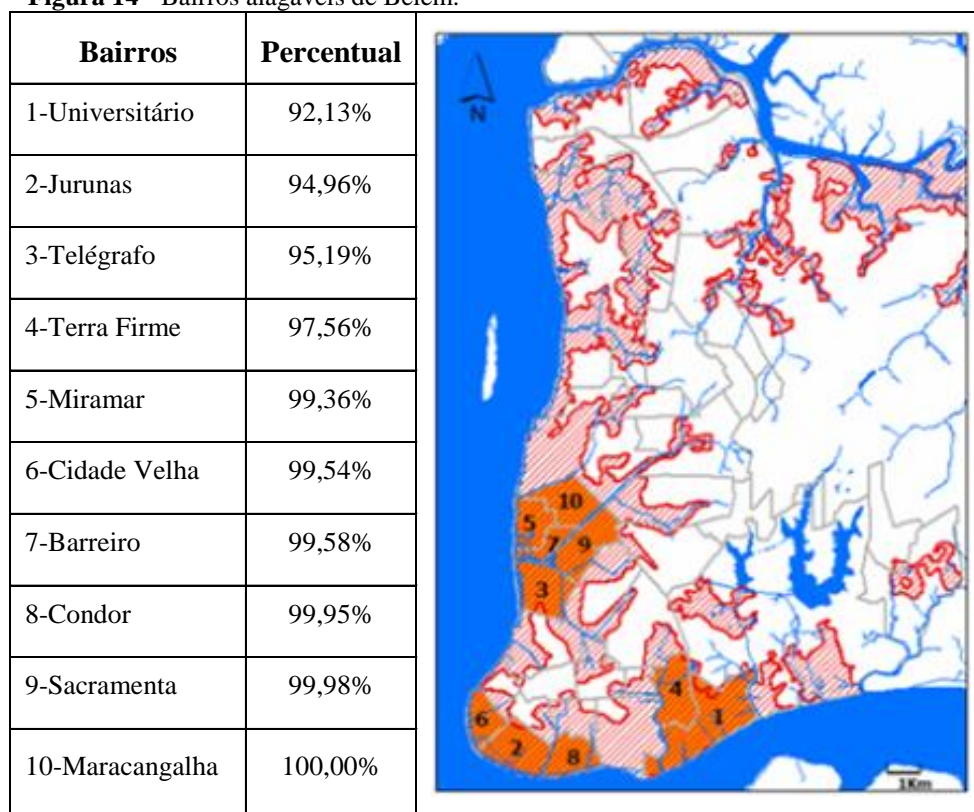
Pelo exposto infere-se que a boa qualidade de vida nos centros urbanos é reflexo de políticas públicas que prestigiem a conciliação entre o direito a habitação, ao saneamento básico e à preservação do meio ambiente, como defendem Campos *et al.* (2021).

Lima (2013) faz uma análise sobre a inter-relação das políticas socioeconômicas e ambientais no Brasil e esclarece que as enormes desigualdades verificadas nas cidades, fruto da não interatividade de ambas as políticas, transformam as populosas periferias em ambientes insalubres, principalmente, pelo lançamento de esgotos a céu aberto e pela falta de coleta e disposição final adequada de resíduos sólidos.

No caso de Belém do Pará, Soares *et al.* (2018) afirmam que a cidade exhibe clara desigualdade socioespacial, representada pela predominância de aglomerados subnormais⁹ e falta de equipamentos e serviços urbanos nas áreas de planícies fluviais, que se constituem em espaços de cotas baixas, sujeitos a alagamentos e inundações. Na **Figura 14** pode-se ver os dez bairros mais propensos a alagamentos na capital paraense.

⁹ Aglomerado Subnormal é uma forma de ocupação irregular de terrenos públicos ou privados, para fins de habitação em áreas urbanas. Em regra, caracterizam-se por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação (IBGE, 2022a).

Figura 14 - Bairros alagáveis de Belém.



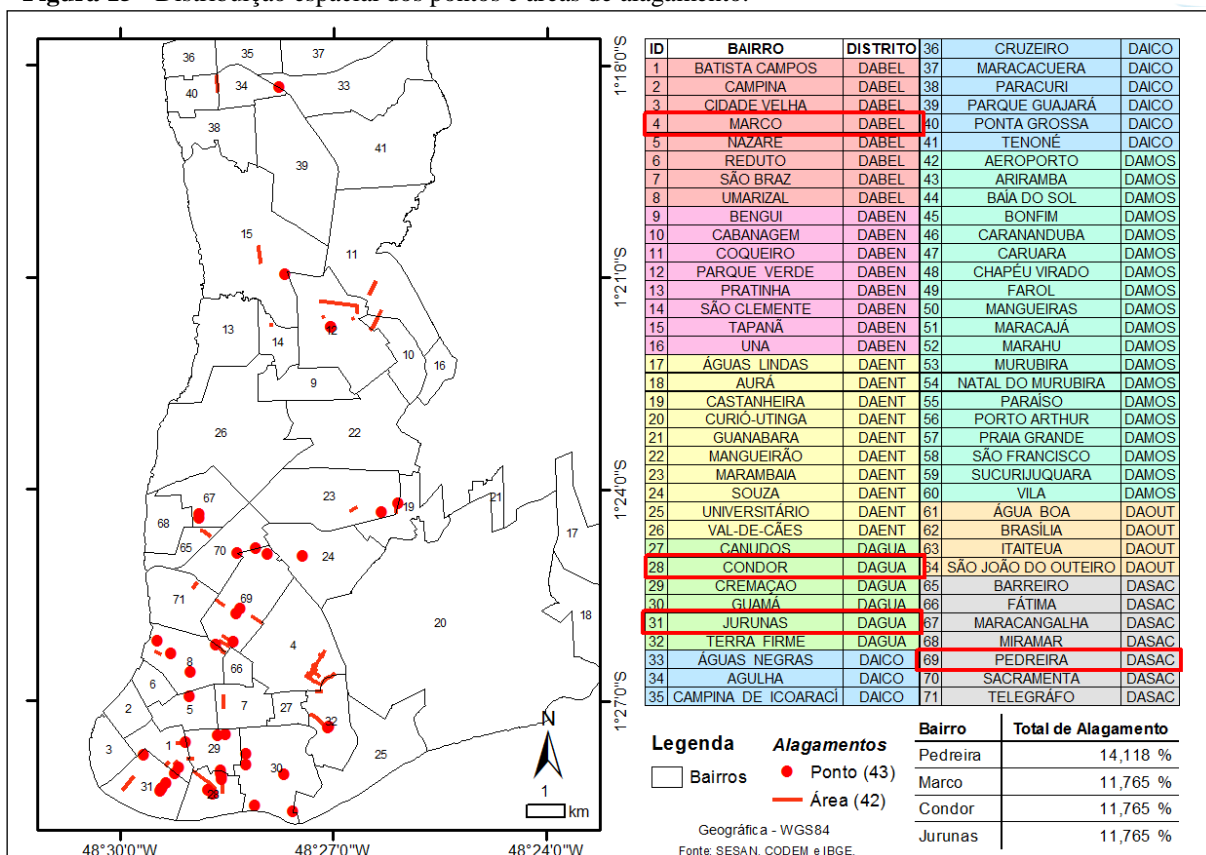
Fonte: Sadeck (2011).

Guimarães *et al.* (2017) realizaram trabalho de mapeamento das áreas alagáveis de Belém, entre 2015 e 2017, e concluíram que:

[...] os pontos/áreas de alagamento em Belém, [...] se pode observar que o bairro da Pedreira (DASAC) apresenta 14,1%; Marco (DABEL) com 11,8%; Condor e Jurunas (DAGUA) com 11,8%; foram os bairros que apresentaram o maior número de locais alagados. Observa-se, também, que os pontos de alagamento estão distribuídos em 5 distritos de Belém: DABEL, DABEN, DAENT, DAGUA e DASAC. Isso mostra que o problema de alagamento não está restrito somente a um local específico e sim distribuído pelo município. Somente os distritos insulares (DAOUT, DAICO e DAMOS) que não apresentaram nenhum caso de alagamento.

Na **Figura 15** é possível observar espacialmente o que foi constatado pelos autores.

Figura 15 - Distribuição espacial dos pontos e áreas de alagamento.



Fonte: Guimaraes et al. (2017).

As imagens e os trechos de reportagens exibidos a seguir, mostram a realidade sobre o destino de parte do lixo doméstico na grande Belém e suas consequências para a coletividade.

Figura 16 - Animais (ratos e urubus) atraídos pelo lixo.



Local: Passagem Frei Daniel Samarat – Guamá – Belém/PA.

Fonte: Dias (2019a).

A grande quantidade de ratos tem assustado moradores da passagem Frei Daniel de Samarat, entre as passagens São Miguel e Paulo Cícero, no bairro do Guamá, em Belém. De acordo com a denúncia recebida pela reportagem, os roedores são grandes e saem do esgoto para dentro das residências principalmente depois dos períodos de chuva.

Quem detalha o problema é o auxiliar de serviços gerais Edson Carlos Silva, de 50 anos, que encontra constantemente urina e fezes dos animais dentro da casa dele. "São ratos grandes. Sempre tem sujeira deles e ficamos com medo de doenças. E são aquelas ratazanas de esgoto que vêm para cima", disse (DIAS, 2019a).

Figura 17 - Obstrução de via pelo acúmulo de lixo.



Local: Av. Bernardo Sayão – Jurunas – Belém/PA.
Fonte: Dias (2019b).

O descarte inconsequente de resíduos sólidos continua sendo motivo de denúncias na Grande Belém. [...] moradores do bairro do Jurunas clamaram à Redação Integrada de O Liberal que registrasse o acúmulo na Rua dos Mundurucus, esquina com a avenida Bernardo Sayão. O trecho é cheio de mato e é usado pela população como depósito de detritos de animais e restos de frutas e verduras de feira, caroços de açaí, lixo doméstico, além de restos de materiais de construção (DIAS, 2019b).

Figura 18 - Alagamento agravado pelo acúmulo de lixo.



Local: Rua Fernando Guilhon – Cremação – Belém/PA.
Fonte: Dias (2020).

Na Rua Fernando Guilhon, entre a travessa Quintino Bocaiúva, passando pela Avenida Generalíssimo Deodoro, até a Travessa 14 de Março, na Cremação, sacos de lixo podiam ser vistos boiando ao longo de toda a pista alagada. Muitos moradores ficaram ilhados e revoltados. Segundo alguns deles, essa cena se repete há anos sempre que chega o período chuvoso (DIAS, 2020).

Figura 19 - Assoreamento de canal por caroços de açaí.



Local: Canal Água Cristal – Marambaia – Belém/PA.
Fonte: PARÁ (2017).

A Polícia Civil prendeu em flagrante, nesta quinta-feira, 16/11/2017, [...] (nome do acusado), durante a operação "Canal Limpo", realizada com o apoio da Divisão Especializada em Meio-Ambiente (DEMA). [...] (nome do acusado) foi flagrado despejando resíduos sólidos em um canal, no bairro da Marambaia, em Belém. Foi o quinto flagrante por despejo de resíduos sólidos em via pública realizado este ano pela DEMA na capital.

"[...] (nome do acusado) foi abordado no momento que despejava 7 sacas de caroços de açaí na rua do canal do Água Cristal, entre a passagem Samaritana e a rua Anchieta", ressalta o delegado. [...] (nome do acusado) foi conduzido até a DEMA, onde foi autuado em flagrante pela infração prevista no artigo 54, da Lei 9.605/98, a Lei de Crimes Ambientais (PARÁ, 2017).

Figura 20 - Canal obstruído por entulho e lixo.



Local: Travessa Visconde de Inhaúma – Marco – Belém/PA.
Fonte: Magalhães e Magalhães (2018).

Apenas em Belém, a Secretaria Municipal de Saneamento (Sesan) contabiliza hoje 500 pontos críticos de descarte irregular de resíduos no município. Há cinco anos, eles eram 600, aponta a Sesan. A Prefeitura Municipal de Belém diz que monitora esses locais de acúmulo de lixo e também executa coletas regulares, incluindo a retirada de entulhos.

[...]

Pedestres têm que desviar de sacos de lixo, restos de construção e sucata, resíduos de feira e até grandes quantidades de caroços de açaí descartados de vendas do produto. [...] pequenos lixões crescem a olhos vistos (MAGALHÃES; MAGALHÃES, 2018).

Figura 21 - Alagamentos causados por lixo em canal.



Local: Passagem Novo Horizonte – Curió-Utinga – Belém/PA.

Fonte: Pimentel (2021).

Apesar dos serviços que a prefeitura de Belém está executando no Curió-Utinga, moradores do bairro têm relatado, nas últimas semanas, uma série de problemas causados pelas chuvas que caem em Belém com mais intensidade no chamado inverno amazônico. [...]

Além de impedir, ou prejudicar, a circulação das pessoas, sobretudo dos idosos, das crianças e daqueles moradores com dificuldade de locomoção, os alagamentos causam outros problemas. “Um mau cheiro insuportável, por conta da lama negra, acúmulo de lixo, além de muitos buracos por causa da força da água”, afirmou Rosineide Melo, moradora local. “E, também, quebra todos os canos de água que atravessa o canal e as pontes”, completou ela (PIMENTEL, 2021).

No segundo município em população da RMB, Ananindeua, o cenário não é diferente. As figuras e trechos de reportagens a seguir mostram tal realidade.

Figura 22 - Lixo na rua impedindo locomoção de pedestres.



Local: Rua do Cajuí – Cidade Nova 6 – SN 21 – Ananindeua/PA.

Fonte: Pimentel (2020).

Um terreno abandonado, e que serve para o despejo irregular de entulho e também de lixo doméstico, está tirando o sossego dos moradores da rua do Cajuí, que eles chamam agora de rua da Paz, na Cidade Nova 6, SN 21, na esquina de uma loja de construção, no município de Ananindeua.

Nesse local, também são jogados animais mortos, o que atrai outros bichos e aumenta o risco de doenças. É grande o volume de resíduos sólidos. Também há muito papelão e sacos plásticos (PIMENTEL, 2020).

Figura 23 - Obstrução de curso d'água próximo a lixão.



Local: Lixão do Aurá – Ananindeua/PA.

Fonte: EJAAtlas (2019).

O Lixão do Aurá foi um dos mais problemáticos lixões a céu aberto do Brasil, causando em particular a poluição do ar e das águas. Ele continua a ser frequentado por catadores que – em meio a permanente crise do lixo em Belém – continuam lutando por seus direitos e dignidade.

[...]

Condições sociais precárias estão intimamente ligadas à degradação ambiental, a qual foi aumentada com a quantidade de lixo depositada lá [lixão do Aurá]. Embora um estudo de 1998 já tivesse encontrado contaminação por chorume na bacia hidrográfica, os problemas continuaram já que o local tornou-se progressivamente sobrecarregado por lixo, afetando a qualidade da água em toda a área metropolitana [de Belém]. Substâncias tóxicas acumuladas no solo impactaram populações animais e reservatórios de água usados pelas comunidades locais, que frequentemente sofriam com diarreia, dermatites e outras doenças (EJAAtlas, 2019).

Deduz-se do exposto que as ações do poder público em favor da manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental nos centros urbanos devem ter como fundamento a integração entre as políticas ambiental, de saneamento e habitacional. Porém, não se deve esquecer da educação ambiental da população, pois, Cardoso e Braga (2021) esclarecem que “a Educação Ambiental é uma das soluções para diminuir os problemas causados pelas ações antrópicas e também é um dos fatores que podem acarretar em benefícios, tanto para os cidadãos, quanto para os ecossistemas urbanos”. Aquino (2014) defende a mesma tese.

Em complemento, destaca-se que os formuladores da Lei 11.445 condicionaram, de forma compulsória, a prestação do serviço público de saneamento básico à promoção da qualidade ambiental no País. Os incisos III e IV, do artigo 2º, preveem a prestação de serviços em favor da saúde pública, da conservação dos recursos naturais, da proteção do meio ambiente e da segurança da vida e do patrimônio público e privado. O inciso VI prevê a articulação da política de saneamento básico com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate e erradicação da pobreza e outras de interesse social,

destinadas à melhoria da qualidade de vida da população. Já o inciso XII estabelece a gestão integrada entre saneamento e recursos hídricos (BRASIL, 2007a).

Observa-se que a Lei 11.445 coloca em destaque a promoção da qualidade ambiental como condição para o desenvolvimento sustentável, o que vem fortalecer a avaliação dos indicadores de desenvolvimento sustentável definidos pelo IBGE como referência para aferir a qualidade de vida da população (IBGE, 2017).

No caso das cidades, Pereira *et al.* (2020) esclarecem que “os indicadores podem oferecer uma visão global da qualidade ambiental de determinados locais e, quando correlacionados, podem gerar conhecimentos de grande importância para os planejadores e gestores do espaço urbano”.

5.4 Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado e Doenças Emergentes

Dall'Agnol *et al.* (2019) esclarecem que as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) “são classificadas em cinco grupos: a) doenças de transmissão feco-oral; b) doenças transmitidas por inseto vetor; c) doenças transmitidas através do contato com água; d) doenças relacionadas com a higiene; e e) geo-helminhos e teníases”.

No ambiente urbano, o acesso da população à rede de distribuição de água e ao serviço de coleta e tratamento de esgoto tem um papel primordial na transmissão de doenças diarreicas, enquanto que doenças mais graves, como a leptospirose, grassam em ambientes com a presença de resíduos a céu aberto e ocorrência de inundações (DALL'AGNOL *et al.*, 2019). Ressaltam os autores que estudo realizado em 2015 constatou a relação entre altas taxas de internações por DRSAI com altos índices de pobreza extrema, taxa de analfabetismo e IDH na Amazônia Legal.

Segundo Dall'Agnol *et al.* (2019), “o saneamento ambiental está intimamente ligado às questões de saúde, portanto, sua falta ou ineficiência contribui para a precariedade dos serviços públicos oferecidos ao cidadão”.

No que diz respeito às doenças transmitidas por inseto vetor, Lima *et al.* (2018) esclarecem que, além da dengue, o mosquito *Aedes aegypti* é vetor da febre amarela, *Chikungunya* e zika vírus, sendo que as duas últimas se encontram disseminadas por todo o território brasileiro na atualidade.

Lima-Camara (2016) informa que a transformação do ambiente natural pelo ser humano, o aumento populacional descontrolado nas cidades, o processo de globalização do



intercâmbio internacional e a mudança do clima no planeta são alguns elementos fomentadores da emergência, elevação de casos e da propagação de doenças infecciosas transmitidas por vetores.

É importante frisar que “sem vacina eficaz e tratamento específico, são importantes a manutenção e integração de uma vigilância entomológica e epidemiológica contínua, a fim de direcionarmos métodos de controle e prevenção contra essas arboviroses no País” (LIMA-CAMARA, 2016, grifo nosso).

Neste sentido Donateli *et al.* (2019) esclarecem que as arboviroses são doenças que demandam vigilância constante em nível mundial, pois representam sérios riscos à saúde pública. Informam ainda que em 2015 houve aumento de quase 50% de mortalidade por dengue no mundo.

Relativamente ao estado do Pará, os Boletins Epidemiológicos do Ministério da Saúde nº 12 e nº 17 mostram que houve o aumento de casos das arboviroses entre as notificações de dezembro/2019 a março/2020 (Boletim nº 12) e as notificações de dezembro/2019 a abril/2020 (Boletim nº 17) (BRASIL, 2020b, 2020c).

Alves (2021) informa que, entre janeiro e julho/2021, o número de infectados por dengue, em Belém do Pará, aumentou cerca de 200%, em relação ao mesmo período de 2020. Segundo a Secretaria Municipal de Saúde (Sesma), no citado período foram registrados 431 casos, enquanto que no período anterior, apenas 144 casos.

Com relação às doenças infecciosas emergentes, Teixeira e Alves (2020) esclarecem que se tratam de “doenças transmissíveis novas, ou que surgiram recentemente em uma determinada sociedade”.

A humanidade tem como exemplos remotos as epidemias de varíola, tifo, sarampo e gripe, promovidas pelos exploradores espanhóis, a partir do século 16, que levaram à devastadora aniquilação de, aproximadamente, 50 milhões de pessoas do chamado Novo Mundo (TEIXEIRA; ALVES, 2020).

Gouveia (2021) afirma que a sociedade global experimenta uma crise sanitária sem precedentes: a pandemia da COVID-19. Expõe ainda que a rapidez na disseminação por todos os continentes do planeta foi determinante na contaminação mundial. Em relação às metrópoles brasileiras, o grande fluxo de passageiros nas redes de transporte aéreo foi preponderante para o adoecimento da população e, especificamente na Amazônia, a mobilidade entre os grandes centros urbanos trouxe a doença para as capitais estaduais, que depois se expandiu em direção ao interior.

De acordo com Wu, Li e Lu (2020), a COVID-19 é a doença infecciosa emergente que causou as piores catástrofes no sistema de saúde pública até agora no século 21. Na história do mundo moderno a pandemia de COVID-19 é a segunda que impacta a humanidade, sendo a primeira a pandemia de Gripe Espanhola, iniciada em 1918, que levou a óbito mais de 25 milhões de pessoas.

Até 07 de setembro de 2021, foram confirmados no mundo cerca de 220 milhões de casos de infecções por COVID-19, além de um número superior a 4,5 milhões de mortes. As doenças infecciosas emergentes representam um sério risco à saúde pública e à socioeconomia mundial e estima-se que 70% delas tem origem em microrganismos silvestres (WU; LI; LU, 2020).

Wu, Li e Lu (2020) defendem a criação de uma plataforma multidisciplinar, para a emissão de avisos prévios sobre possíveis doenças infecciosas emergentes, com o apoio de sistema de vigilância permanente. Tal plataforma forneceria informações importantes para a tomada de decisões, por parte de autoridades competentes, bem como para a elaboração de respostas ao risco de comprometimento da saúde pública.

Em uma concepção preventiva, Daszak *et al.* (2020), que estudaram os vírus emergentes e como eles se tornam problemas de saúde pública no mundo, esclarecem que a prevenção é a referência de ouro quando se fala em doenças crônicas como as do coração ou do câncer, porém, quando o enfoque é nas doenças infecciosas, a tendência é esperar até que elas surpreendam a sociedade. É necessário mudar isso, afirmam os autores, pois as medidas preventivas são bem mais econômicas do que as medidas de enfrentamento às pandemias.

5.5 Monitoramento ambiental

De acordo com Ramos e Luchiari Júnior (2020):

O monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste tipo de estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente.

Com base nesses levantamentos, o monitoramento ambiental fornece informações sobre os fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da região estudada. Também subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, além de auxiliar na definição de políticas ambientais.

O monitoramento ambiental permite, ainda, compreender melhor a relação das ações do homem com o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros, capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos (RAMOS; LUCHIARI JÚNIOR, 2020, sem página).

Já o Programa Nacional do Meio Ambiente II (PNMA II) define o mesmo tema da seguinte forma:

Entende-se por monitoramento ambiental o conhecimento e acompanhamento sistemático da situação dos recursos ambientais dos meios físico e biótico, visando a recuperação, melhoria ou manutenção da qualidade ambiental. A qualidade ambiental está relacionada ao controle de variáveis ambientais, que se alteram, seja em função das ações antrópicas, seja em função de transformações naturais (BRASIL, 2009a, sem página).

Pelo exposto conclui-se que a ação de levantamento sistemático de informações sobre o meio físico¹⁰ tem como objetivo principal acompanhar a evolução da qualidade e quantidade dos recursos ambientais, frente ao avanço da apropriação dos mesmos pelo ser humano.

O PNMA II, na sua primeira fase (2000 a 2006), organizou, em parceria com dez estados da federação, estruturas de Monitoramento da Qualidade da Água (MQA), em áreas consideradas prioritárias pelos gestores estaduais, que apresentavam alto grau de complexidade no uso da água, manifestação de conflitos de uso, ou importância estratégica para abastecimento de grandes centros urbanos. O que ficou evidente, durante a execução dos projetos de MQA nos estados, foi a necessidade de monitoramento de outros recursos ambientais pressionados pelas ações antrópicas, como, por exemplo, o solo, o ar e a vegetação (BRASIL, 2009a).

Na avaliação das ações de levantamento de dados ambientais, os formuladores dos Programas do MMA, informam que “o monitoramento organizado e sistemático da qualidade e quantidade dos recursos ambientais no Brasil ainda carece de ações de implementação e aperfeiçoamento” (BRASIL, 2009a).

Ramos e Luchiari Júnior (2020), em uma perspectiva de contribuir com a criação de sistemas de monitoramento eficazes e eficientes, afirmam que “a implantação de atividades de monitoramento ambiental necessita de uma seleção prévia de indicadores que expressem as condições qualitativas ou quantitativas do que será medido e avaliado”. Declaram ainda que os parâmetros estabelecidos devem descrever, de forma compreensível e significativa, os seguintes aspectos: a) o estado e as tendências dos recursos ambientais; b) a situação socioeconômica da área em estudo; c) o desempenho de instituições para o cumprimento de suas atribuições.

¹⁰ Meio físico: o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas (Art. 6º da Resolução CONAMA nº. 001/86).

Os autores explicam que a escolha dos indicadores depende dos seguintes fatores: a) objetivos do monitoramento; b) o que será monitorado; c) informações que se pretende obter.

“Esses parâmetros são medidos em campo, laboratório e em escritório, sendo que alguns são bastante simples e outros, muito complexos” (RAMOS; LUCHIARI JÚNIOR, 2020).

De acordo com os princípios da Política Nacional de Meio Ambiente, expressa pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o “acompanhamento do estado da qualidade ambiental” prevê ações de monitoramento dos elementos do meio físico, com o objetivo de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental, visando assegurar condições que propiciem um desenvolvimento sustentável ao País (BRASIL, 1981b).

Em função de possibilitar o acompanhamento da qualidade ambiental, o monitoramento dos elementos que compõem o meio físico se torna uma ferramenta primordial para avaliar os impactos das ações humanas sobre os recursos naturais e as transformações impostas às variáveis ambientais, de acordo com os preceitos da citada Lei Federal.

5.6 Sistema de monitoramento ambiental

O dicionário Michaelis (2021) define sistema como:

- 1 Conjunto metódico de princípios interdependentes, sobre os quais se estabelece uma doutrina, uma crença ou uma teoria.
 - 2 Conjunto de elementos distintos, com características e funções específicas, organizadas de forma natural ou por meios artificiais.
 - 3 Corpo de normas ou regras, inter-relacionadas numa concatenação lógica e, pelo menos, verossímil, aplicadas a uma determinada área.
 - 4 Disposição de um conjunto de elementos, organizada de forma a viabilizar mais facilmente seu estudo e compreensão.
 - 5 Conjunto organizado de unidades de medida.
 - 6 Série de procedimentos a serem seguidos para a obtenção de um resultado.
 - 7 Inter-relação de unidades, partes etc., responsáveis pelo funcionamento de uma estrutura organizada.
 - 8 Qualquer processo de classificação que obedeça a critérios específicos.
 - 9 Padrão representativo do hábito de cada indivíduo.
 - 10 Complexo de instituições relacionadas com dado setor de atividades.
 - 11 Conjunto de aspectos morais, políticos ou econômicos de uma sociedade.
- [...] (MICHAELIS, 2021).

Analisando as múltiplas descrições de sistema, depreende-se que se trata de uma estrutura organizada, a qual, através de procedimentos específicos, busca atingir um determinado objetivo. Então, sistemas podem ser estruturados para servir a qualquer temática inserida no contexto econômico, social ou ambiental do ser humano. Assim sendo, podemos

organizá-los para, por exemplo, servir à comunicação e difusão de informações sobre algo que pretendemos observar por um longo período de tempo.

Neste sentido, Schneider *et. al.* (2017) esclarecem que atualmente a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) vem sendo utilizada como mecanismo de apoio na interação entre interlocutores separados pelo tempo e pela distância, fortalecendo, assim, a comunicação e a difusão de conhecimentos.

Schneider *et. al.* (2017) explicam ainda que os Sistemas de Informação (SI), que se constituem em ferramentas da TIC, estão sendo amplamente utilizados por permitirem “a otimização do acesso, análise e gerenciamento de um grande montante de dados que podem ser utilizados para tomada de decisões a curto ou a longo prazo”.

Na área ambiental, por exemplo, é possível desenvolver e utilizar um SI para armazenamento e cruzamento de informações, permitindo avaliações mais detalhadas e globais sobre determinadas temáticas (SCHNEIDER *et al.*, 2017).

Como exemplo de um SI pertinente e de grande relevância socioeconômica e ambiental, cita-se o modelo apresentado na Arábia Saudita por Mayerle *et. al.* (2016, apud Schneider *et. al.*, 2017), para o gerenciamento dos recursos hídricos, contendo dados referentes às temáticas água, geografia e clima, com perspectivas de ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisões. Neste país, um dos mais secos da terra, aproximadamente metade do abastecimento de água doce da população (cerca de 33 milhões de habitantes) é feito com água dessalinizada (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2019). Em um cenário como este, de escassez hídrica, entende-se a importância da implantação de SI ambiental, já que os desafios para a gestão dos recursos naturais são expressivos.

Neste mesmo enfoque menciona-se, no Brasil, o SI da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), estado com limitados recursos de água doce que tem no COGERH um instrumento que prestigia a gestão participativa dos recursos hídricos, disponibiliza dados levantados sistematicamente, além de novos conhecimentos, na busca de apoiar a tomada de decisão e proporcionar o desenvolvimento sustentável do Estado, atrelado à sadia qualidade de vida da população (CEARÁ, 2022). Ressalta-se que o Ceará é um estado do nordeste brasileiro com rios intermitentes e disponibilidade hídrica não superior a 100,0 m³/s, em uma escala de vazão disponível cujo limite superior extrapola os 500,0 m³/s, para rios do território nacional (ANA, 2022).

De acordo com as considerações feitas em ANA (2020), pode-se dizer que um sistema de informações bem concebido e estruturado é um importante instrumento para a gestão de

temas de interesse da sociedade, bem como para o melhor entendimento dos problemas a serem resolvidos, em função da disponibilização de informações confiáveis aos gestores, tornando, assim, o processo de tomada de decisão mais eficiente.

Ademais, um sistema de informações ambientais construído de forma a se relacionar com outras bases de dados, constitui-se em uma ferramenta essencial ao desenvolvimento sustentável de qualquer país, haja vista que a gestão moderna exige o máximo de informações multidisciplinares, para que a tomada de decisão tenha de fato um efeito sistêmico (ANA, 2020).

5.7 Sistemas de monitoramento no Brasil

O Brasil possui sistemas de informações ambientais cujas estruturas contam com bancos de dados alimentados pelo monitoramento das variáveis de interesse para o alcance dos objetivos de cada um deles.

Assim sendo, a seguir apresentam-se os sistemas de maior relevância para o escopo deste trabalho.

5.7.1 Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)

O SNIRH – conforme foi concebido pela Agência Nacional de Águas – concretiza o disposto no artigo nº 25 da Lei Federal nº 9.433/1997 e se constitui no grande banco de dados e informações sobre as águas do país. “Envolve um conjunto de processos para coletar, organizar, armazenar e transmitir informações aos diferentes públicos, como gestores de recursos hídricos, usuários de água, especialistas e pesquisadores, dentre outros membros da sociedade civil” (ANA, 2020).

“A descentralização na obtenção e produção de dados, a coordenação unificada do sistema e a garantia de acesso universal ao banco de dados”, são os princípios que norteiam o SNIRH.

Quanto aos objetivos do sistema, ANA ([2022?c]) os descreve como:

- a) reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;
- b) atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;
- c) fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

No que diz respeito ao conteúdo e informações disponíveis, ANA ([2022?c]) destaca que o banco de dados conta com:

Divisão hidrográfica, quantidade e qualidade das águas, usos de água, disponibilidade hídrica, eventos hidrológicos críticos, planos de recursos hídricos, regulação e fiscalização dos recursos hídricos e programas voltados à conservação e gestão dos recursos hídricos.

De acordo com ANA (2020), a atual estrutura do sistema “compreende ferramentas de acesso a mapas interativos, relatórios analíticos, metadados, painéis, geoserviços, subsistemas, aplicativos e dados abertos (**Figura 24**).

Figura 24 - Estrutura do SNIRH.



Fonte: ANA (2020, destaque nosso).

Na estrutura do sistema há o Portal HidroWeb, em Subsistemas, que dá acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, **Figura 25** (ANA, [2022?d]).

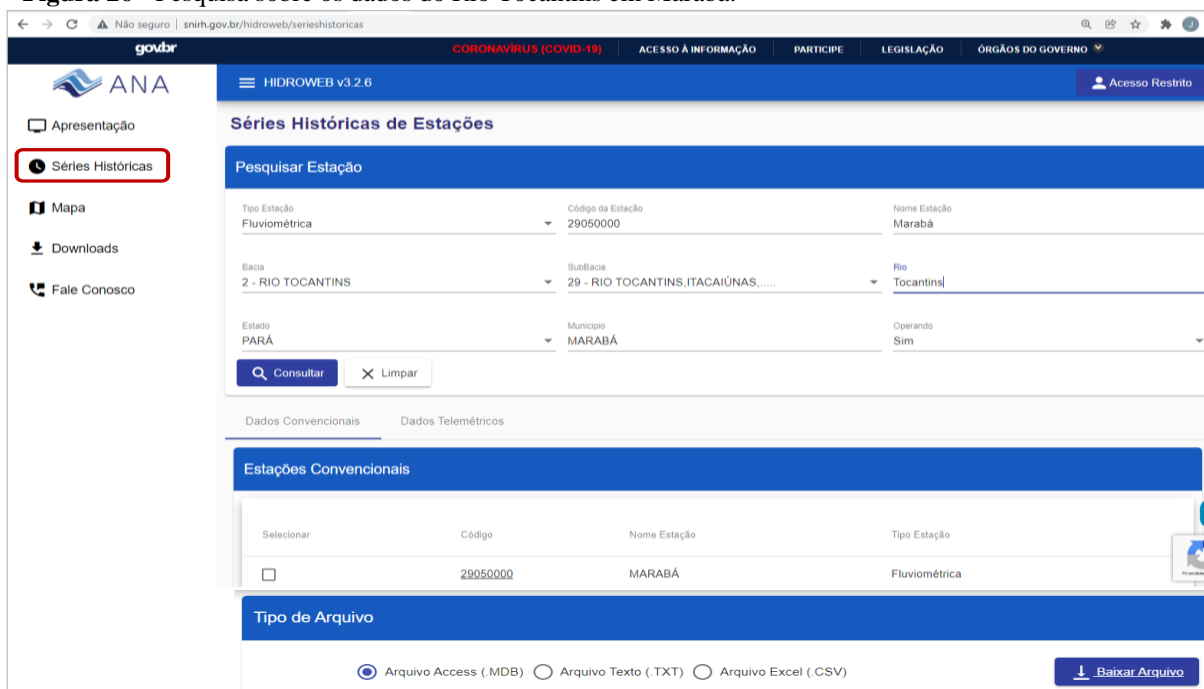
Figura 25 - Estrutura para obtenção de informações no SNIRH.



Fonte: ANA ([2022?d]).

A opção “séries históricas” permite obter as informações através de arquivos nos formatos de texto (.TXT), planilha (.CVS) e banco de dados Access (.MDB). Na **Figura 26** observa-se a pesquisa feita no HidroWeb para a obtenção dos dados fluviométricos do Rio Tocantins, na estação de Marabá, código ANA 29050000 (ANA, [2022?e]).

Figura 26 - Pesquisa sobre os dados do Rio Tocantins em Marabá.



Fonte: ANA ([2022?e]).

Tendo sido escolhido o formato (.MDB), como apresentado na figura anterior, exibe-se a seguir dois exemplos de formatos de saída dos dados (**Figuras 27 e 28**).

Figura 27 - Planilha com Série histórica dos níveis médios mensais das águas do Rio Tocantins, em Marabá.

Hidro 1.4 - [Estatísticas de Cotas Médias]

Sistema Editar Exibir Janela Ajuda

Fechar

Séries

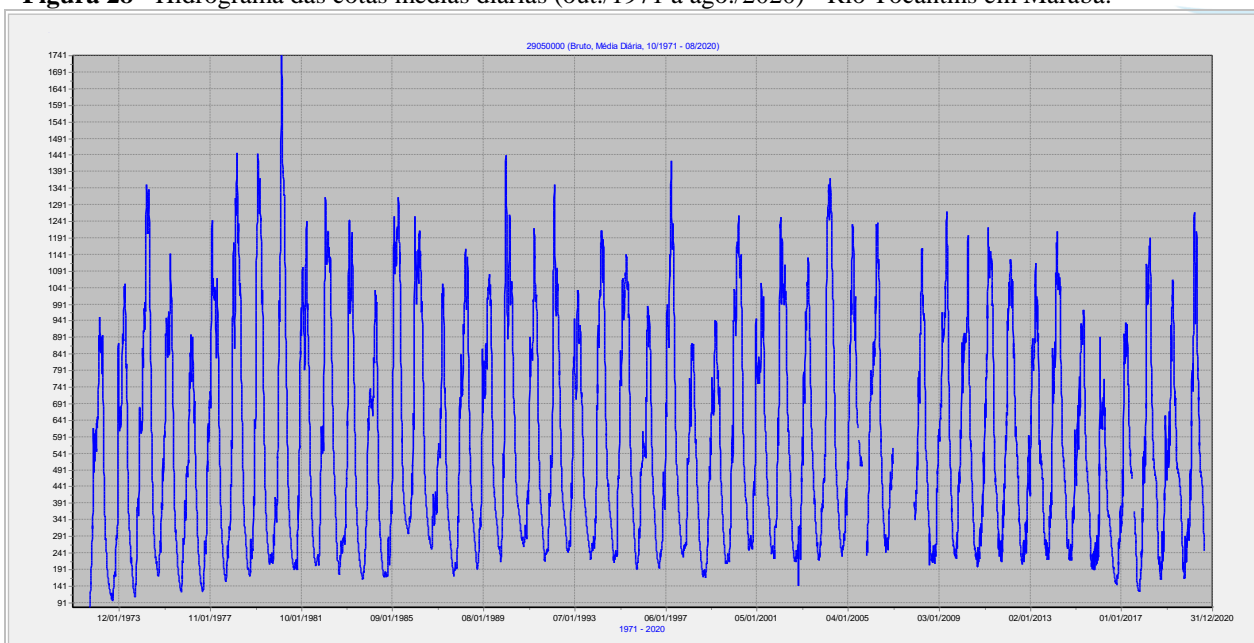
Série: 29050000 (Bruto, Média Diária, 10/1971 - 08/2020)

	Médias Diárias				Médias Mensais		Máximas Mensais	Mínimas Mensais	Leituras Mensais			Situação Mensal	
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1971										135	331	548	
1972	592	732	885	842	517	282	177	132	110	130	203	385	416
1973	694	670	876	1005	737	385	248	175	117	199	382	614	509
1974	680	903	1117	1250	1155	679	359	242	197	202	308	447	628
1975	642	908	894	1009	866	455	290	196	143	155	266	386	518
1976	488	683	804	795	581	357	221	156	130	224	339	590	447
1977	744	1108	1028	945	917	526	311	209	163	225	296	479	579
1978	1019	1036	1334	1158	937	571	341	249	190	203	239	436	643
1979	846	1342	1311	1127	795	436	287	219	223	237	345	398	631
1980	784	1283	1528	1266	816	466	312	233	196	208	292	627	668
1981	967	1009	941	1078	761	444	297	222	214	224	422	581	597
1982	895	1198	1167	1112	839	539	368	229	194*	250	275	305	614*
1983	548	1120	1035	1062	676	394	266	203	168	196	306	557	544
1984	698	687	761	978	756	380	243	182	175	175	239	322	466
1985	674	1158	1149	1245	1026	586	398	336	307	336	427	637	690
1986	1137	1085	1135	1046	810	493	366	299	265	313	365	381	641
1987	536	587	858	917	607	390	304	235	183	196	244	512	464
1988	731	806	1035	1049	847	498	366	294	222	219	314	587	581
1989	740	794	944	1046	874	509	386	322	260	239	396	842	613
1990	1226	996	1107	971	688	475	388	337	289	272	296	367	618
1991	633	825	936	1099	941	578	395	307	232	241	290	443	577
1992	603	1207	1022	1010	748	482	377	316	252	260	373	687	611
1993	800	846	933	843	630	414	339	283	237	252	272	387	520
1994	805	971	1156	1106	766	504	401	330	253	226	256	489	605
1995	776	984	1011	1102	1015	683	435	324	223	209	305	488	630
1996	567	541	857	911	741	474	350	251	204	231	313	413	488
1997	691	922	1093	1268	1081	648	458	342	258	243	261	388	638
1998	588	712	850	706	519	368	249	188	182	185	299	496	445
1999	668	687	892	807	703	457	332	237	213	225	351	608	515
2000	987	1043	1186	1102	887	522	406	307	262	269	383	665	668
2001	777	799	917	955	673	499	380	281	249	262	346	602	562
2002	1080	1096	1029	997	686	527	365	245	219	241	294	366	595
2003	596	781	974	1061	800	557	418	307	240	245	353	443	565
2004	667	1228	1305	1257	954	606*	441	335*	260	255	304	417	669*
2005	580	888	1122	1041	852							550	
2006		812	901		1071	655	419		269	294	428	487	
2007													
2008	467	728	929	1072	873	542	387	253	220	231	265	489	538
2009	609	770	903	1011	1159	731	450	288	240	255	418	549	615
2010	802	878	902	1038	674	474	317	236	227	249	317	463	548
2011	649	888	1144	1120	952	545	417	294	247	280	419	596	629
2012	896	1066	1045	876	641	509	344	232	245	269	353	535	584
2013	571	841	911	998	841	540	475	317	258	234	324	508	568
2014	763	932	1114	1056	813	546	456	306	250	232	314	457	603
2015	522	632	748	900	877	577	462	347	215	211	231	234	496
2016	446	682	664	648	442	354	303	229	174	151	205	309	384
2017	374	685	868	836	609	485		314	168	127	196	399	
2018	522	931	1055	1069	679	503	450	288	194	214	296	538	562
2019	517	592	855	995	710	525	469	402	238	191	252	298	504
2020	428	735	1061	1088	804	562	458	323					
Média	703	892	1006	1019	799	505	363	269	217	226	313	486	568

* - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca

Fonte: ANA ([2022?e]).

Figura 28 - Hidrograma das cotas médias diárias (out./1971 a ago./2020) - Rio Tocantins em Marabá.



Fonte: ANA ([2022?e]).

Ressalta-se que “além das estações administradas pela ANA, fazem parte da RHN as estações mantidas pelos Estados no âmbito dos programas de implantação e operação das Salas de Situação Estaduais e do fomento ao monitoramento da qualidade da água (Qualiáguas)” (ANA, [2022?a]).

5.7.2 Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM:

O SIAGAS é um sistema de informações de águas subterrâneas, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB, constituído por uma base de dados de poços permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas e extração e geração de relatórios.

O SIAGAS, desenvolvido e mantido pelo SGB a partir do mapeamento e pesquisa hidrogeológica em todo o país, permite a gestão adequada da informação hidrogeológica e a sua integração com outros sistemas. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, através da Moção N. 038, de 7 de dezembro de 2006, recomendou a adoção do SIAGAS pelos órgãos gestores estaduais, Secretarias dos Governos Estaduais, Agência Nacional de Águas - ANA e Usuários dos Recursos Hídricos Subterrâneos, como base nacional compartilhada para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de informações sobre águas subterrâneas.

A Moção N° 039 da CNRH recomenda a integração entre os sistemas SIAGAS, SNIRH, SINIMA, SIGHIDRO, SNIS e SIPNRH (SGB-CPRM, 2021b, grifo nosso).

As informações disponíveis podem ser acessadas por qualquer usuário, através de pesquisas simples ou complexa, na base de dados do SIAGAS ou da RIMAS (Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas), cuja obtenção pode ser na forma de relatórios, *download* de poços ou mapas temáticos (SGB-CPRM, 2021b).

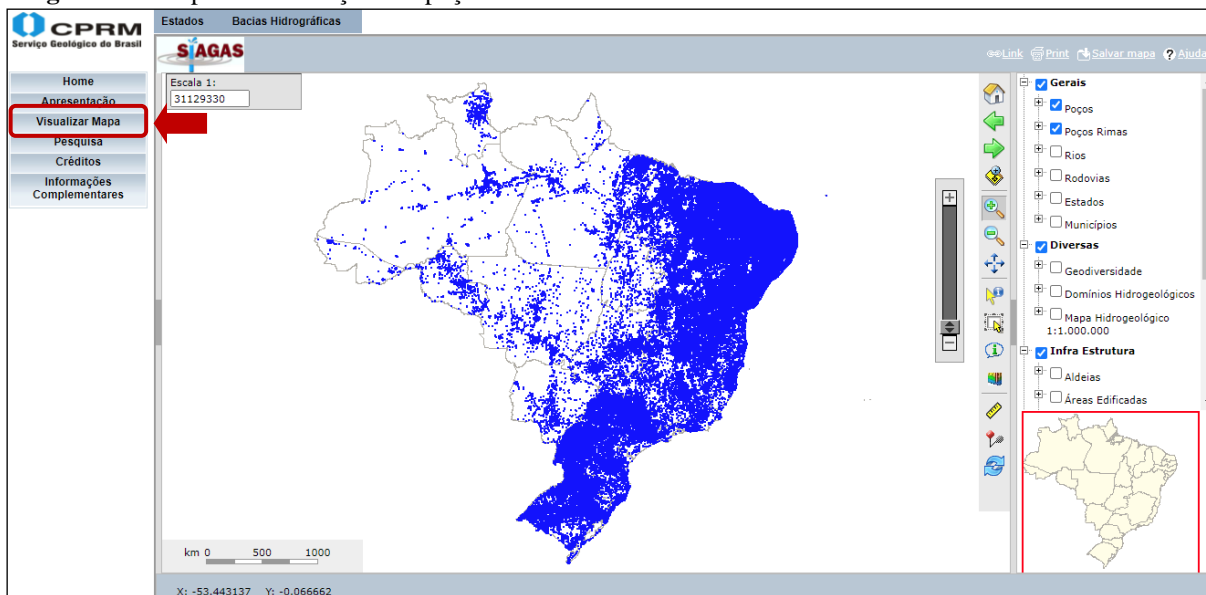
Nas **Figuras 29 e 30** exibe-se a tela de apresentação do SIAGAS e a visualização do mapa do Brasil, com os 347.095 poços cadastrados até 22/12/2021, respectivamente.

Figura 29 - Apresentação do SIAGAS.



Fonte: SGB – CPRM (2021b).

Figura 30 - Mapa de localização dos poços cadastrados no SIAGAS.



Fonte: SGB – CPRM (2021c).

Na **Figura 31** pode-se ver a pesquisa geral feita na base de dados do SIAGAS, para obter as informações do poço denominado “Conjunto Providência – Loteamento CDP”, localizado em Belém (PA), nº 1500002047.

Na **Figura 32** é possível observar o perfil do poço e os dados gerais, enquanto que o **Quadro 01** sintetiza as demais informações disponibilizadas.

No sentido de esclarecer possíveis dúvidas dos usuários, o Serviço Geológico do Brasil (SGB –CPRM, 2021b) informa que: a) Não é o órgão gestor das águas subterrâneas, cabendo esta tarefa aos Estados, de acordo com a Constituição Federal de 1998 (BRASIL, 1988); b) Realiza a análise de consistência das informações e as insere no banco de dados, sendo, portanto, a veracidade e a qualidade das mesmas de responsabilidade do gerador.

Atualmente o SIAGAS é alimentado diretamente pelos órgãos gestores estaduais, através do compartilhamento de informações sobre águas subterrâneas, por meio do SNIRH, a partir do conteúdo das autorizações de perfuração de poços ou sobre as emissões de outorgas de captação de águas subterrâneas pelo estado (MORAES, 2016).

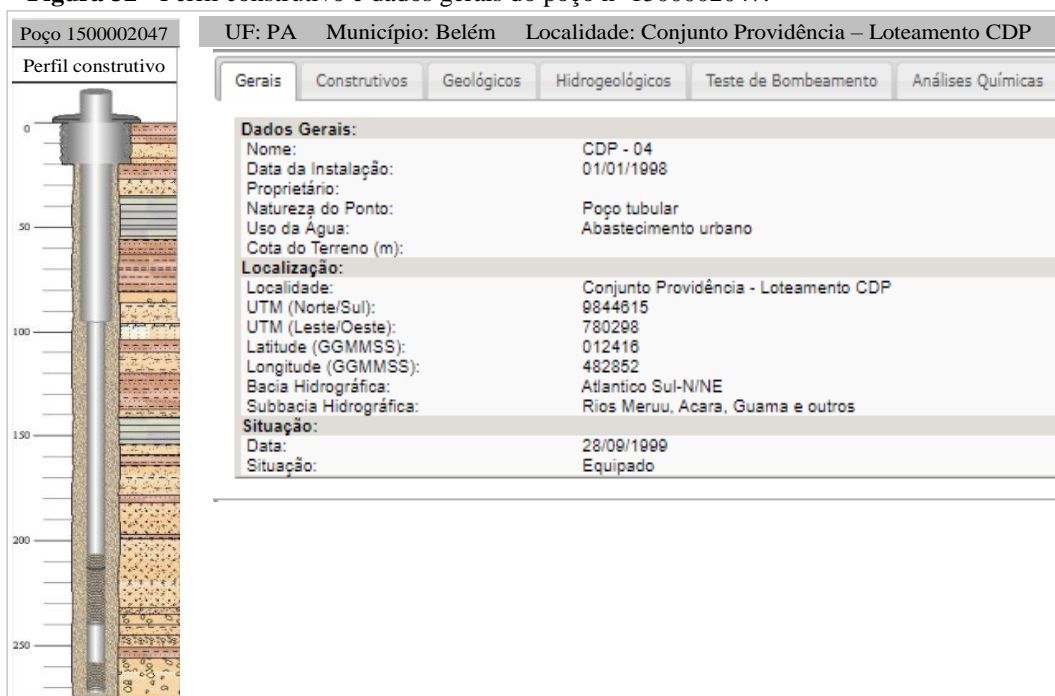
Figura 31 - Pesquisa geral nos poços do SIAGAS em Belém do Pará.

The screenshot shows the SIAGAS search interface. The search criteria are: Superior Esquerdo (Latitude 1, Longitude 1) and Inferior Direito (Latitude 2, Longitude 2). The search is filtered by Bacia Hidrográfica, Região (Norte), Estado (Pará), and Município (Belém). The search results table is as follows:

Código do Ponto	UF	Município	Localidade
1500002047	PA	Belem	Conjunto Providência - Loteamento CDP
1500002170	PA	Belem	BELEM
1500002171	PA	Belem	BELEM
1500004895	PA	Belem	TRAV SOUZA FRANCO 1229 - ICOARACI
1500005085	PA	Belem	SETOR DE CAPTAÇÃO/SAEAB - 5ª RUA

Fonte: SGB – CPRM (2021d).

Figura 32 - Perfil construtivo e dados gerais do poço nº 1500002047.



Fonte: SGB – CPRM (2021d).

Quadro 1 - Síntese dos demais dados disponíveis no SIAGAS do poço nº 1500002047.

Dados		Descrição	
Construtivos	Profundidade: 275,0 m		
	Diâmetro: 30 pol. até 20,0m - 20 pol. até 275,0m		
	Revestimento: aço sem costura		
	Filtro: Inox espiralado		
	Espaço anular: cimentação até 20,0m / areia até 275,0m		
	Boca do tubo: 14 pol.		
	Entrada d'água: sem informação		
	Profundidade útil: 275,0m		
Geológicos	De 0,0m a 86,0m: formação barreiras De 86,0m a 275,0m: formação Pirabas		
Hidrogeológicos	Sem informação		
Teste de bombeamento	Vazão após estabilização: 183,0 m ³ /h		
Análises químicas Data da coleta 30/07/1998	Parâmetros	Condutividade Elétrica	-----
		Turbidez (NTU)	0,6
		pH	7,2
		Cálcio (Ca)	47,7 mg/L
		Cloreto (Cl)	6,0 mg/L
		Dureza total	164 mg/L
		Ferro total (Fe)	0,3 mg/L
		Magnésio (Mg)	7,49 mg/L
		Nitritos (NO ₂)	0,001 mg/L
		Nitratos (NO ₃)	0,02 mg/L
		Nitrogênio orgânico	0,05 mg/L
		Oxigênio consumido em meio básico	0,8 mg/L
Alcalinidade total	184 mg/L		

Fonte: SGB – CPRM (2021d).

5.7.3 Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)

Trata-se de uma rede de monitoramento de natureza essencialmente quantitativa, que tem a função de registrar as variações dos níveis da água dos aquíferos do subsolo brasileiro. No levantamento desses dados são utilizados aparelhos automáticos, que permitem o registro contínuo dos citados níveis nos poços de observação, que são periodicamente coletados, armazenados e consistidos, para posterior difusão à sociedade, através de consulta simples ou *downloads* temáticos (SGB –CPRM, 2021e).

É importante destacar que:

Os resultados do monitoramento permanente e contínuo irão propiciar a médio e longo prazos, a identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos, a estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo, dentre outras informações (SGB – CPRM, 2021f, grifo nosso)

Apesar de a rede não ter caráter qualitativo, são realizadas medições anuais de condutividade elétrica, pH, potencial de oxirredução, além de outros parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA N° 396, com a finalidade de atender a um sistema de alerta e controle de qualidade da água. Além disso, na instalação do poço de observação e a cada cinco anos, ou quando se constate a variação significativa na química da água, serão feitas análises físico-químicas completas, de acordo com o uso e ocupação do solo nas imediações da estação (SGB –CPRM, 2021e).

Segundo o Serviço Geológico do Brasil:

O programa da rede de monitoramento é composto de poços existentes (cedidos) e poços construídos de modo que a distribuição e densidade sejam suficientes para obtenção de valores representativos das condições hidrogeológicas e reflitam a intensidade do uso da água, as formas de ocupação do solo, a densidade demográfica e a extensão regional do aquífero (SGB –CPRM, 2021e, grifo nosso).

O SIAGAS é utilizado para consistência e armazenamento dos dados contínuos gerados pela RIMAS. Assim sendo, a obtenção de informações sobre monitoramento das águas subterrâneas obedece a sequência descrita através das **Figuras 31, 32 e Quadro 01**, mas agora no *site*: www.rimasweb.cprm.gov.br.

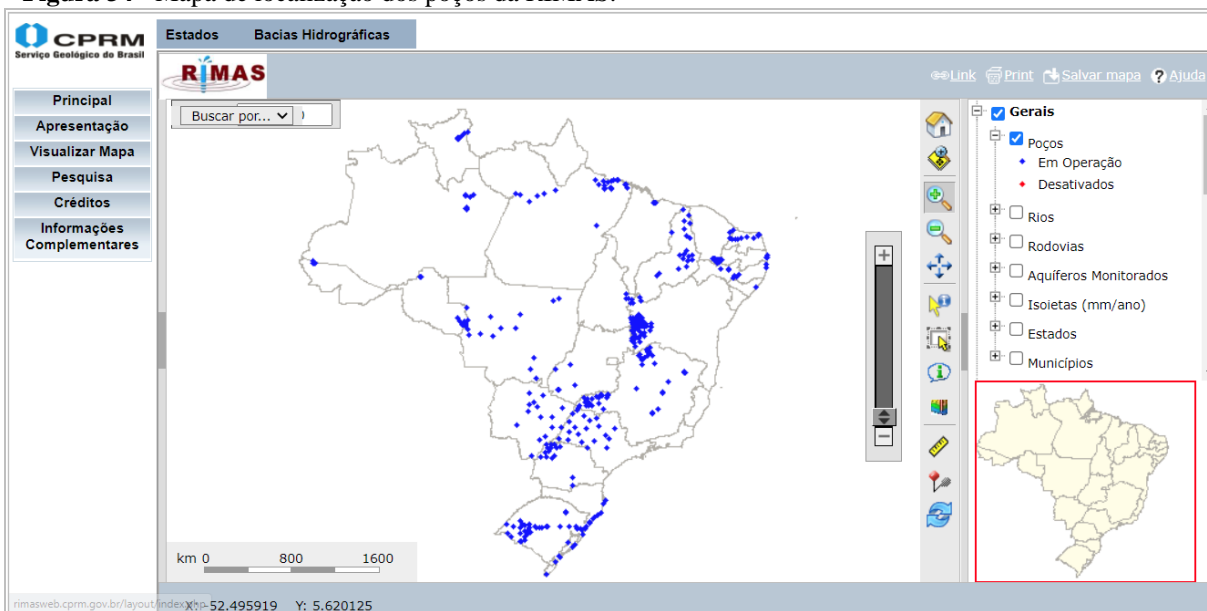
A seguir encontra-se a apresentação da citada rede e a busca pelas informações do poço n° 1500005632 (**Figuras 33 a 36 e Quadro 02**).

Figura 33 - Apresentação da RIMAS.



Fonte: SGB –CPRM (2021e).

Figura 34 - Mapa de localização dos poços da RIMAS.



Fonte: SGB –CPRM (2021f).

Figura 35 - Pesquisa geral nos poços da RIMAS em Belém do Pará.

PESQUISA GERAL (RIMAS)

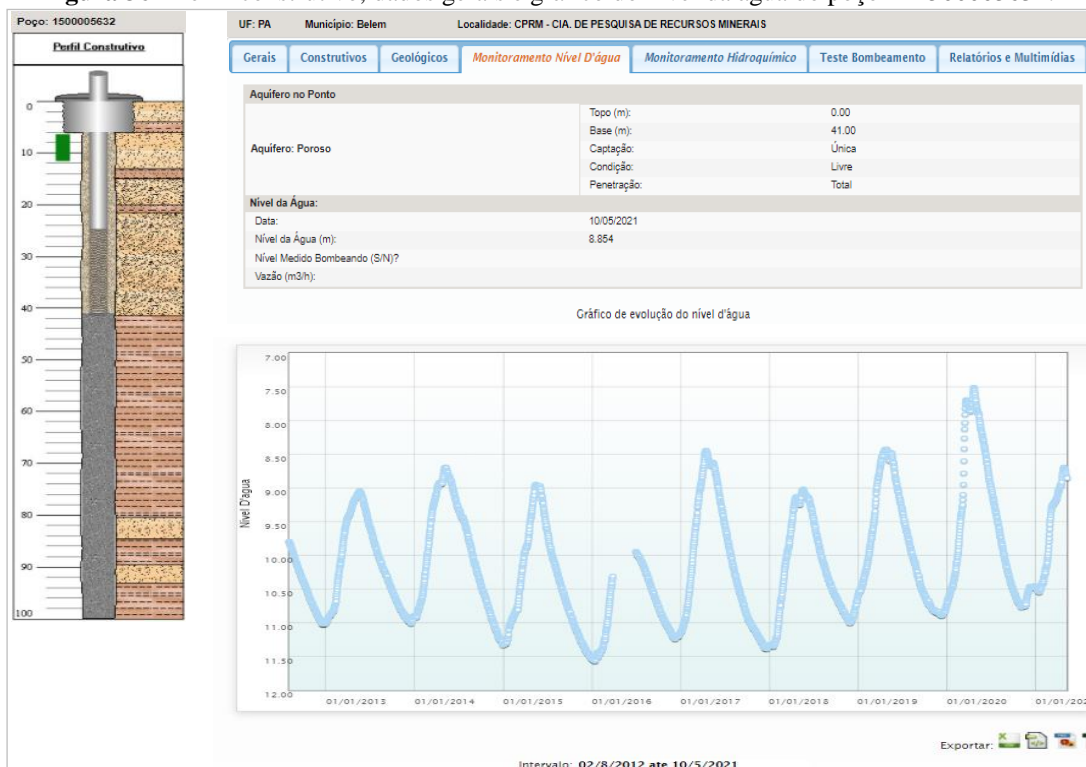
Superior Esquerdo: S Latitude 1: ° ' " Longitude 1: ° ' " Inferior Direito: S Latitude 2: ° ' " Longitude 2: ° ' "

Bacia Hidrográfica: Região: Norte Estado: Pará Município: **Belém**

Códigos	UF	Município	Localidade
1500002065	PA	Belem	Mosqueiro / SAAEB
1500002079	PA	Belem	COSANPA/5º SETOR/PENTÁGONO
1500004658	PA	Belem	COSANPA/MOSQUEIRO/MURUBIRA/CORNER
1500005085	PA	Belem	SETOR DE CAPTAÇÃO/SAAEB - 5ª RUA
1500005376	PA	Belem	COSANPA/5º SETOR/FEMAC
1500005625	PA	Belem	SAAEB/SOUZA FRANCO/CPRM
1500005626	PA	Belem	SAAEB/PARACURU-II
1500005632	PA	Belem	CPRM - CIA. DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
1500005633	PA	Belem	SAAEB/SOUZA FRANCO/FUNASA

Fonte: SGB –CPRM (2021g).

Figura 36 - Perfil construtivo, dados gerais e gráfico do nível da água do poço nº 1500005632.



Fonte: SGB –CPRM (2021g).

Ressalta-se que a série de níveis da água pode ser exportada como planilha (extensão CSV), em formato compatível com programas de geoprocessamento (extensão XML), ou como imagem (extensões JPG ou PNG).

Quadro 2 - Síntese dos demais dados disponíveis na RIMAS do poço nº 1500005632.

Dados	Descrição		
Construtivos	Profundidade: 100,0 m		
	Diâmetro: 17 1/2 pol. até 6,0m - 8 1/2 pol. até 100,0m		
	Revestimento: plástico geomecânico		
	Filtro: plástico geomecânico		
	Espaço anular: cimentação até 6,0m / areia até 40,8m / cimentação até 100,0m		
	Boca do tubo: 4 pol.		
	Entrada d'água: sem informação		
	Profundidade útil: 100,0m		
Geológicos	De 0,0m a 41,0m formação barreiras		
Monitoramento nível d'água	8,854m em 10/05/2021		
Teste de bombeamento	Vazão após estabilização: 5,5 m ³ /h		
Análises químicas Data da coleta 26/04/2019	Parâmetros	Condutividade Elétrica	398,0µS/cm
		Turbidez (NTU)	Sem informação
		pH	4,68
		Sólidos dissolvidos totais	228,0 mg/L
		Fluoretos (F)	0,07 mg/L
		Nitritos (NO ₂)	0,27mg/L
		Nitratos (NO ₃)	94,94 mg/L
		PO ₄	0,05 mg/L
		Sulfato (SO ₄)	28,73 mg/L
		Brometo	0,01 mg/L
Relatórios e Multimídias	Nenhum documento cadastrado		

Fonte: SGB – CPRM (2021g).

De forma geral, todas essas informações podem ser obtidas através de pesquisas simples ou complexas, relatórios, *download* de poços e mapas temáticos.

Ademais, o Serviço Geológico do Brasil esclarece que os aspectos de destaque na RIMAS são:

- I - A preocupação de se implantar uma rede que permita a gestão integrada dos recursos hídricos [...];
- II - A não sobreposição da atribuição dos estados quanto à implantação e definição de sua própria rede de monitoramento em atendimento aos planos regionais de gestão, às políticas regionais e estratégias de proteção e conservação. Portanto, a rede possui um caráter complementar, podendo assimilar demandas regionais desde que atendam às diretrizes determinadas para a rede de âmbito nacional;
- III - A cooperação com os órgãos gestores estaduais e companhias de saneamento possibilitando troca de experiências e informações, auxílio no planejamento da rede, assimilação de demandas estaduais, otimização dos recursos técnicos, financeiros e humanos, padronização de métodos de coleta e armazenamento e tratamento de dados e obtenção de poços passíveis de serem incorporados à rede (SGB - CPRM, 2021e, grifo nosso).

5.7.4 Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH)

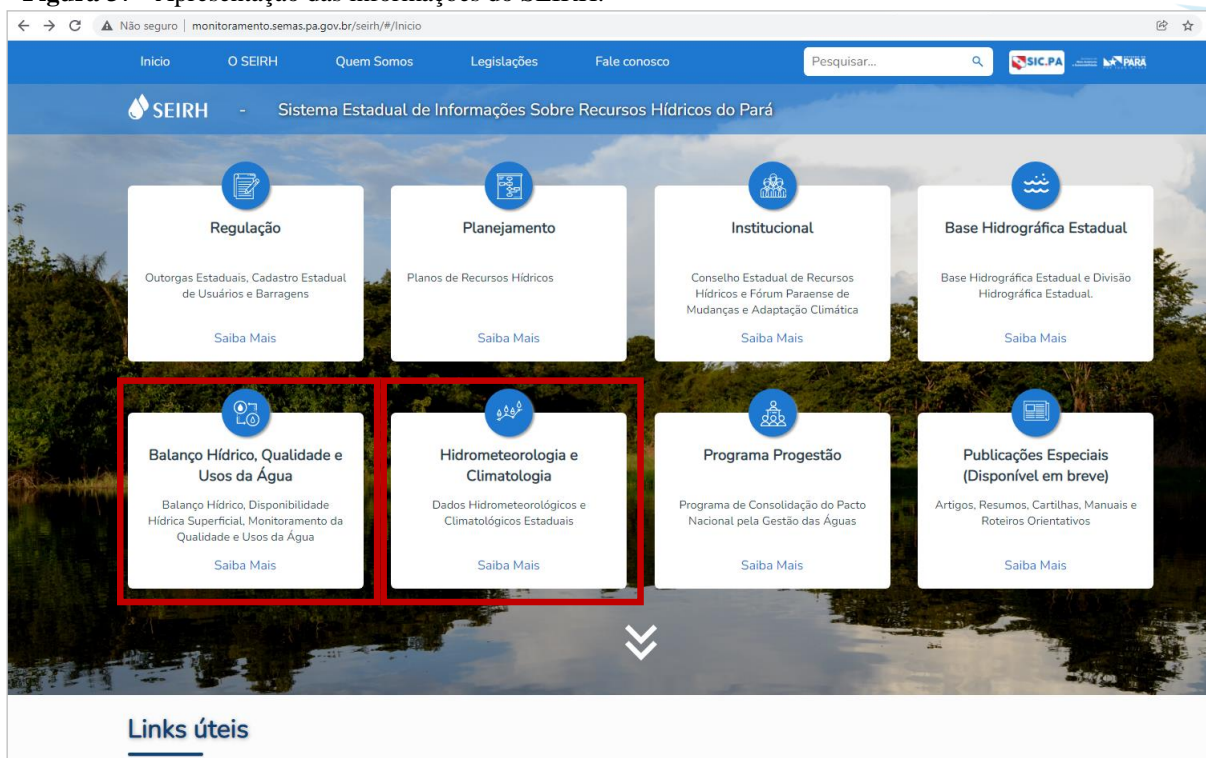
De acordo com PARÁ ([2022?b]), o SEIRH é um dos instrumentos de gestão previsto na Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 6.381, de 25 de junho de 2001. É um sistema destinado à coleta, ao tratamento, ao armazenamento e à disseminação de informações sobre recursos hídricos em âmbito estadual, bem como fatores intervenientes em sua gestão.

O SEIRH é embasado nos mesmos princípios do SNIRH, porém, com relação aos objetivos, ele tem as seguintes definições (PARÁ, [2022?b]):

- a) reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos do estado;
- b) atualizar, permanentemente, as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo território do estado;
- c) fornecer subsídios para a elaboração de planos diretores de recursos hídricos;
- d) informar os resultados da utilização e aplicação dos investimentos e do funcionamento do SEIRH;
- e) divulgar o relatório bianual sobre a situação dos recursos hídricos do Estado do Pará.

As informações disponíveis destinam-se aos entes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH-PA), aos usuários de recursos hídricos, à comunidade científica e à sociedade em geral (PARÁ, [2022?b]). Elas se apresentam em oito seções de temas comuns: regulação, planejamento, institucional, base hidrográfica estadual, balanço hídrico, qualidade e usos da água, hidrometeorologia e climatologia, Programa Progestão e publicações especiais (**Figura 37**). As seções em destaque na citada figura estão associadas à inter-relação entre SNIRH e SEIRH. É importante destacar que este último sistema não disponibiliza diretamente séries de dados e boletins hidrometeorológicos, sendo o usuário direcionado ao Portal HidroWeb da ANA para acessar tais informações (PARÁ, [2023?]).

Figura 37 - Apresentação das informações do SEIRH.



Fonte: PARÁ ([2022?b]).

De acordo com o Portal HidroWeb (ANA, [2022?b]), “[...] fazem parte da RHN as estações mantidas pelos Estados no âmbito dos programas de implantação e operação das Salas de Situação Estaduais e do fomento ao monitoramento da qualidade da água (Qualiágua)”. Nas **Figuras 38 e 39** é possível visualizar os Programas e Projetos que vinculam SNIRH e SEIRH.

Figura 38 - Programa Qualiágua: relação SNIRH/SEIRH.

The screenshot shows the SEIRH website interface. The main navigation menu includes: Início, O SEIRH, Quem Somos, Legislações, Fale conosco. The left sidebar contains: Regulação, Planejamento, Institucional, Base Hidrográfica Estadual, Balanço Hídrico, Qualidade e Usos da Água (highlighted), Hidrometeorologia e Climatologia, Programa Progestão, Publicações Especiais (Disponível em breve). The main content area is titled 'Balanço Hídrico, Qualidade e Usos da Água' and lists several items, each with 'Acessar SIG' and 'Downloads' links. The 'Monitoramento da Qualidade da Água' item is highlighted with a red box. Below the main content, there are links for 'O SEIRH', 'Planejamento', and 'Programa Progestão', along with a phone icon and the number '(91) 3184-3374'.

Fonte: PARÁ ([2022?b]).

Figura 39 - Projeto Rede Hidrometeorológica Estadual: relação SNIRH/SEIRH.

The screenshot shows the SEIRH website interface. The main navigation menu includes: Início, O SEIRH, Quem Somos, Legislações, Fale conosco. The left sidebar contains: Regulação, Planejamento, Institucional, Base Hidrográfica Estadual, Balanço Hídrico, Qualidade e Usos da Água, Hidrometeorologia e Climatologia (highlighted), Programa Progestão, Publicações Especiais (Disponível em breve). The main content area is titled 'Hidrometeorologia e Climatologia' and lists several items, each with 'Acessar SIG' and 'Downloads' links. The 'Rede Hidrometeorológica Estadual' item is highlighted with a red box. Below the main content, there are links for 'O SEIRH', 'Planejamento', and 'Programa Progestão', along with a phone icon and the number '(91) 3184-3374'.

Fonte: PARÁ ([2022?b]).

Sendo as estações do SEIRH integrantes do SNIRH, a obtenção de dados e informações obedece ao que foi exposto por ocasião da apresentação das **Figuras 35 a 38**.

Segundo PARÁ ([2022?b]), o SEIRH é composto pelos seguintes sistemas: a) banco de dados de informações associadas a recursos hídricos; b) base informacional relativa à aquisição de dados primários; c) sistema de suporte à decisão referente à gestão de recursos hídricos (SIGERH-PA).

5.7.5 O Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA)

No Portal do Ministério do Meio Ambiente há a seguinte apresentação:

O Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA) é um dos instrumentos da Política Nacional da Meio Ambiente, previsto no inciso VII do artigo 9º da Lei nº 6.938/81. O referido sistema é considerado pela Política de Informação do MMA como a plataforma conceitual baseada na integração e compartilhamento de informações entre os diversos sistemas existentes ou a construir no âmbito do SISNAMA (Lei n. 6.938/81), conforme Portaria nº 160 de 19 de maio de 2009.

O Sinima é o instrumento responsável pela gestão da informação no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), de acordo com a lógica da gestão ambiental compartilhada entre as três esferas de governo, tendo como forma de atuação três eixos estruturantes:

Eixo 1 - Desenvolvimento de ferramentas de acesso à informação;

Eixo 2 - Integração de bancos de dados e sistemas de informação. Esses dois eixos são interligados e tratam de ferramentas de geoprocessamento, em consonância com diretrizes estabelecidas pelo Governo Eletrônico - E-gov, que permitem a composição de mapas interativos com informações provenientes de diferentes temáticas e sistemas de informação. São desenvolvidos com o apoio da Coordenação Geral de Tecnologia da Informação e Informática - CGTI do MMA;

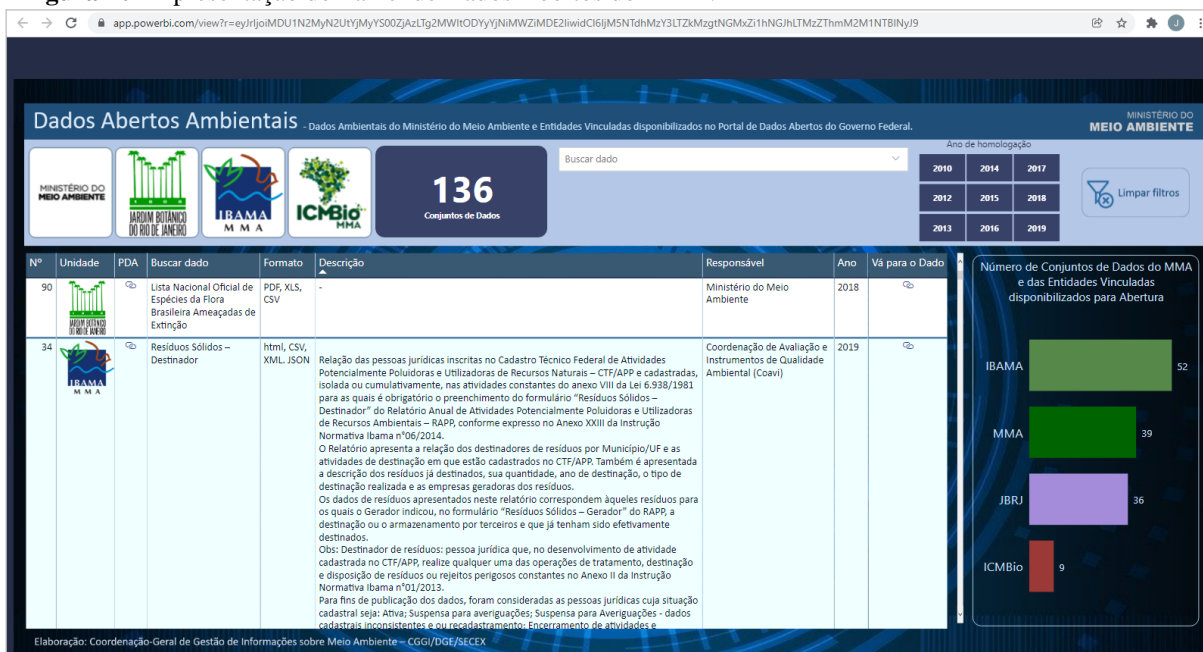
Eixo 3 - Fortalecimento do processo de produção, sistematização e análise de estatísticas e indicadores relacionados com as atribuições do MMA. Este é o eixo estratégico do SINIMA cuja função precípua é fortalecer o processo de produção, sistematização e análise de estatísticas e indicadores ambientais; recomendar e definir a sistematização de um conjunto básico de indicadores e estabelecer uma agenda com instituições que produzem informação ambiental; propiciar avaliações integradas sobre o meio ambiente e a sociedade (BRASIL, 2022e, grifo nosso).

Este sistema apresenta como plataforma de acesso à informação o Painel Dados Abertos Ambientais que “consolida [...] os dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente e Entidades Vinculadas para abertura, em atendimento ao Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016, que institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo federal” (BRASIL, 2022f).

No Painel é possível obter informações de 136 conjunto de dados, sendo 52 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 39 do MMA, 36 Jardim Botânico do Rio de Janeiro e 09 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (**Figura 40**). Ele representa a materialização da política de dados

abertos do MMA, favorecendo o planejamento, coordenação e disseminação das informações sistematizadas para diferentes tipos de usuários. O referido Painel proporciona ainda a maior transparência das informações e a reutilização dos dados públicos pela sociedade (BRASIL, 2022f).

Figura 40 - Apresentação do Painel de Dados Abertos do MMA.



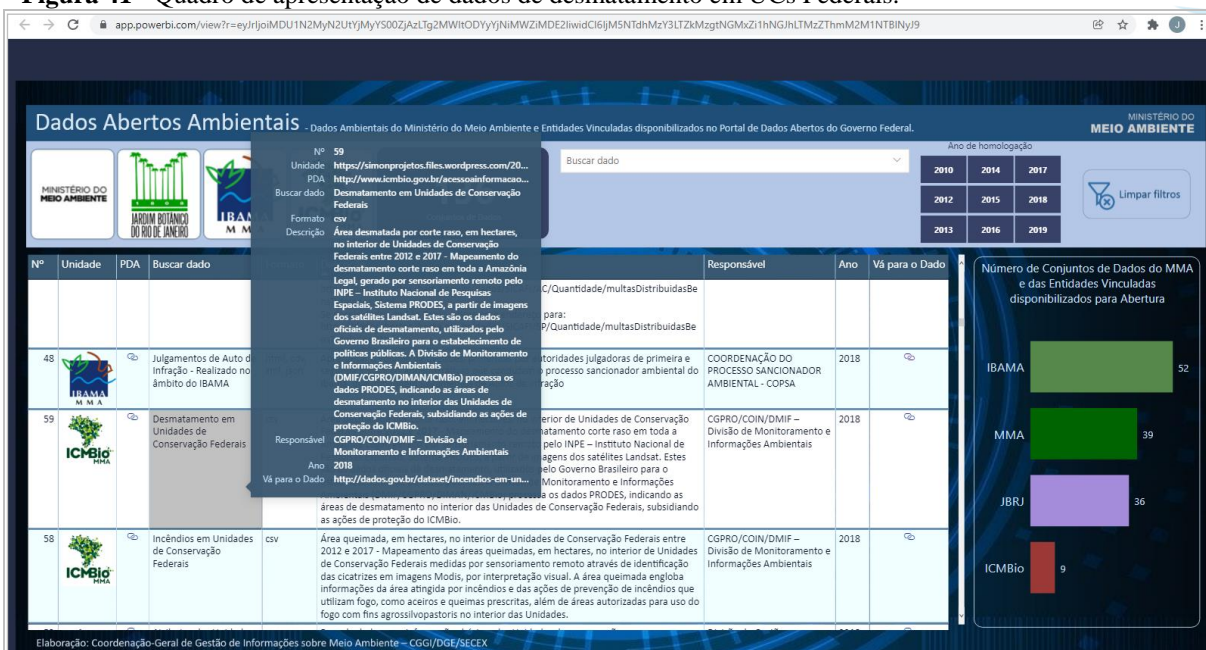
Fonte: BRASIL (2022f).

Na **Figura 41** e no **Quadro 03** observa-se recuperação de dados sobre Desmatamentos em Unidades de Conservação Federais. A primeira através de um quadro geral e a segunda através de uma planilha contendo 20 unidades do Bioma Amazônia, escolhidas ao acaso. No **Quadro 07** estão expressas as áreas desmatadas, entre 2018 e 2020, em quilômetros quadrados (km²).

De acordo com BRASIL (2022g):

Essa prática de produção, disseminação e apropriação da informação tem o objetivo de atender ao disposto nos seguintes atos normativos: Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 - Lei de Acesso à Informação (LAI); Instrução Normativa SLTI nº 4, de 13 de abril de 2012, que instituiu a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA); Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, que instituiu a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE); Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016, que instituiu a Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal; compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Parceria para Governo Aberto (Open Government Partnership – OGP); e outros atos normativos que abordam o tema da transparência pública.

Figura 41 - Quadro de apresentação de dados de desmatamento em UCs Federais.



Fonte: BRASIL (2022g).

Quadro 3 - Unidades de Conservação desmatadas no Bioma Amazônia entre 2018 e 2020, em km².

Código CNUC	Nome da UC	Bioma referencial	PRODES 2020	PRODES 2019	PRODES 2018
0000.00.0022	APA do Igarapé Gelado	Amazônia	23,7543	9,8	
0000.00.0268	APA do Tapajós	Amazônia	6963,785	6.552,0	3.994,8
0000.00.3407	APA dos Campos de Manicoré	Amazônia		40,5	11,2
0000.00.0038	ARIE Javari-Buriti	Amazônia			
0000.00.0043	ARIE Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florest	Amazônia			
0000.00.0044	ARIE Seringal Nova Esperança	Amazônia	57,7805	70,9	55,3
0000.00.3131	ESEC Alto Maués	Amazônia	5,3021	45,8	
0000.00.0047	ESEC da Terra do Meio	Amazônia	1512,6568	3.287,5	1.276,3
0000.00.0051	ESEC de Caracará	Amazônia			
0000.00.0053	ESEC de Cuniã	Amazônia		1,7	
0000.00.0056	ESEC de Jutaí-Solimões	Amazônia	8,8837		
0000.00.0057	ESEC de Maracá	Amazônia			
0000.00.0058	ESEC de Maracá Jipioca	Amazônia			
0000.00.0067	ESEC do Jari	Amazônia			
0000.00.0072	ESEC Juami-Japurá	Amazônia	14,4349		
0000.00.0060	ESEC Niquiá	Amazônia			
0000.00.0068	ESEC Rio Acre	Amazônia			
0000.00.0083	FLONA de Altamira	Amazônia	5851,3377	2.091,6	950,8
0000.00.0084	FLONA de Anauá	Amazônia		9,3	
0000.00.0085	FLONA de Balata-Tufari	Amazônia	50,4872	25,0	19,2

Fonte: BRASIL (2022g).

5.7.6 Sistema de Monitoramento Ambiental da CETESB

Criada na segunda metade da década de 1960, quando pouco se especulava sobre proteção do meio ambiente, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) surge, em 1968, como a agência estadual encarregada pelo controle, fiscalização,

monitoramento e licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, com o foco na preservação e recuperação da qualidade das águas, do ar e do solo (CETESB, 2022a).

No contexto de proteção das comunidades suscetíveis a desastres naturais ou induzidos, a CETESB desenvolve o monitoramento preventivo das áreas com potencial de contaminação, onde ocorre o lançamento de efluentes ou resíduos no solo, como parte de sistemas de tratamento ou disposição final. De forma complementar, promove o gerenciamento de resíduos sólidos e o atendimento a emergências químicas, objetivando minimizar o potencial de poluição do ar, do solo e, principalmente, das águas superficiais e subterrâneas (CETESB, 2022b, 2022c, 2022d).

Com relação ao monitoramento hidrológico, a citada Companhia executa a vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em esgotos e águas superficiais, com o objetivo de “acompanhar o comportamento de disseminação do vírus ao longo da pandemia e avaliar tendências de sua circulação nas populações pela correlação com o número de casos de COVID-19”. Tal medida vem se somar a um esforço iniciado entre as décadas de 1970 e 1980, com a vigilância ambiental para cólera e poliomielite, pesquisando *V. cholerae* e Poliovírus, em esgotos e águas superficiais, o que vem se mostrando uma ferramenta importante para ratificação do trabalho cooperativo entre os setores saneamento/vigilância epidemiológica (CETESB, 2022e).

Do exposto, e na observação da **Figura 42**, conclui-se que em termos de monitoramento de variáveis ambientais, a CETESB realiza o levantamento da qualidade do ar, das águas (QA) e do solo, para desenvolver as demais atividades decorrentes das mudanças verificadas nas condições naturais desses elementos do meio físico. Assim sendo, através do *site* da Companhia (www.cetesb.sp.gov.br), obtém-se acesso ao conjunto de opções sobre o monitoramento ambiental e as ações correlatas (**Figura 43**).

No que diz respeito à qualidade do ar, os 21 poluentes e parâmetros meteorológicos definidos pelo Sistema QUALAR, podem ser consultados a partir das seguintes opções: Em Tempo Real, Dados Horários por Estação, Dados Horários por Parâmetro, Boletim Diário, Resumo Boletim Diário, Boletim Meteorológico, Configuração das Estações e Exportar Dados (CETESB, 2022f) (**Figura 43**).

Na **Figura 44** pode-se ver uma consulta realizada sobre a qualidade do ar na capital paulista, relativamente à concentração de dióxido de enxofre (SO₂), através do Boletim diário por Parâmetro, de 06/10/2022, ocasião em que a qualidade é considerada Boa (CETESB, 2022g).

Figura 42 - Tela de apresentação da CETESB.



Fonte: CETESB (2022a).

Figura 43 - Tela de apresentação da Qualidade do Ar.



Fonte: CETESB (2022f)

Figura 44 - Boletim de Qualidade do Ar para SO₂ na capital paulista.



Fonte: CETESB (2022g).

No tocante às águas interiores, CETESB (2022h) informa que o programa de monitoramento “tem possibilitado o conhecimento das condições reinantes nos principais rios e reservatórios situados nas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) do Estado de São Paulo”. Já o programa de balneabilidade de reservatórios tem por finalidade aferir as condições de balneabilidade das praias dos reservatórios mais utilizados pela população para fins de lazer (Figura 45).

Figura 45 - Tela de apresentação do monitoramento das águas.



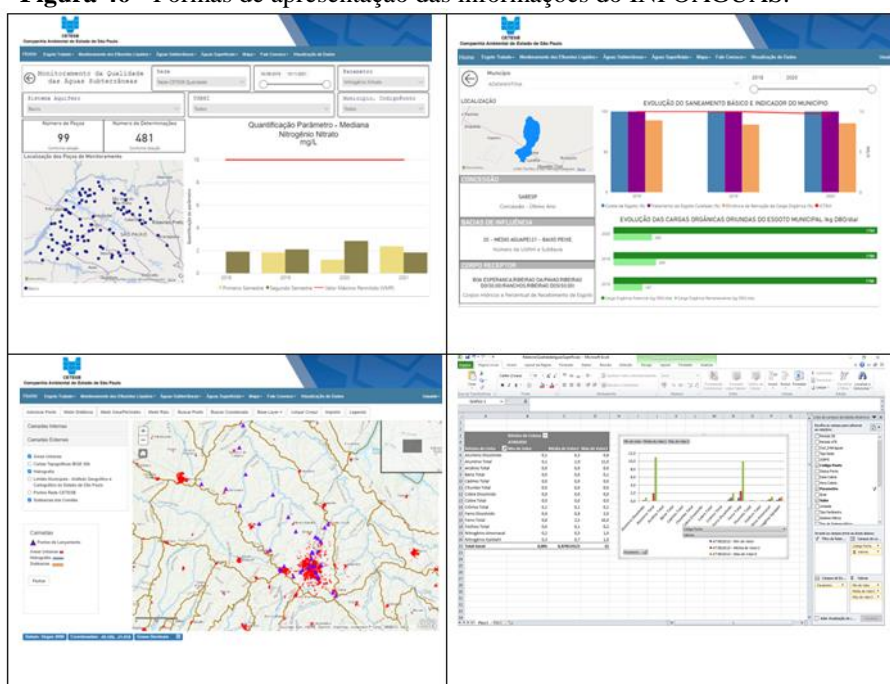
Fonte: CETESB (2022h).

Os principais objetivos das redes de monitoramento são: avaliar a evolução da qualidade das águas; amparar ações no controle de poluição, apoiar ações da CETESB no manejo de emissões de poluentes, subsidiar o diagnóstico da qualidade das águas e auxiliar

Comitês de Bacia Hidrográfica na elaboração de relatórios situacionais. Ademais, para a população, tem-se como finalidade informa-la sobre as condições dos reservatórios para lazer e abastecimento público, como também sobre a proteção da biodiversidade aquática (CETESB, 2022h).

Os parâmetros de QA levantados pela Companhia são: 06 Físicos, 43 Químicos, 04 Microbiológicos, 04 Hidrobiológicos, 03 Toxicológicos/ Ecotoxicológicos e 01 Bioanalítico. Tais informações podem ser consultadas através do Sistema INFOÁGUAS, que se resume em um instrumento de aquisição de “diversas informações sobre qualidade das águas brutas e assuntos de interesse sobre a Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo”, que podem ser obtidas na forma de mapas, gráficos e tabelas (CETESB, 2022h) (**Figura 46**).

Figura 46 - Formas de apresentação das informações do INFOÁGUAS.



Fonte: CETESB (2022h).

Analogamente, o conhecimento quali-quantitativo das águas subterrâneas, e seu potencial de uso, são essenciais para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, que devem fomentar a gestão sistêmica, integrada e participativa das águas. Neste sentido, o monitoramento vem retratar suas condições no ambiente natural; acompanhar tendências de concentração de substâncias e indicar áreas com alteração da qualidade; subsidiar ações de gestão pela CETESB e enquadramento para cobrança de uso; estabelecer valores de referência qualitativa por aquífero (CETESB, 2022i).

Ressalta-se que o Sistema INFOÁGUAS também propicia a consulta às 17 substâncias inorgânicas, 05 Hidrocarbonetos Aromáticos Voláteis, 11 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, 11 Benzenos Clorados, 03 Etanos Clorados, 06 Etenos Clorados, 03 Metanos Clorados, 08 Fenóis Clorados, 03 Fenóis Não Clorados, 04 Ésteres Ftálicos, 11 Pesticidas e 04 Substâncias Outras, alvo de investigação nas águas subterrâneas (**Figura 45**) (CETESB, 2022h).

Alusivamente à qualidade do solo, a CETESB realiza o monitoramento de duas substâncias químicas presentes na atmosfera, e um ensaio botânico associado à concentração de poluentes nas camadas superficiais e inferiores do terreno. “Esta é uma das ferramentas utilizadas para complementar a avaliação físico-química das águas residuárias e dos resíduos que serão dispostos em solo” (**Figura 47**). Na investigação aérea, o objetivo do monitoramento é avaliar o nível de comprometimento das plantas por poluentes em suspensão no ar, os quais serão dispostos no solo quando houver a morte do vegetal, poda ou substituição da folhagem (CETESB, 2022j).

Figura 47 - Tela de apresentação da Qualidade do Solo.



Fonte: CETESB (2022j).

No que diz respeito à disponibilização de informações, a CETESB publica relatórios anuais sobre resíduos sólidos urbanos e áreas contaminadas, como forma de atender ao usuário que necessita conhecer o nível da qualidade do solo no Estado de São Paulo, além de eventuais ameaças aos elementos ambientais urbanos, bem como os serviços implementados para diminuir possíveis eventos de contaminação (**Figura 48**) (CETESB, 2022k).

Figura 48 - Saída de informações de Qualidade do Solo.



Qualidade do Solo

Solo Vegetação Programa de Monitoramento **Qualidade do Solo** Águas Subterrâneas Publicações e Relatórios

Publicações e Relatórios

Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos									
2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012

Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares									
2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	

Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas	
Dezembro 2012	– Ordem Alfabética – Municípios – UGRHI – Endereço – Mapa – Mapa de Atividade – Ordem Agência Ambiental – Totalização Agência – Totalização Departamento

Fonte: CETESB (2022k).

Pelo exposto neste tópico, pode-se afirmar que de uma forma geral os sistemas de monitoramento analisados procuram dispor à sociedade informações ambientais de forma simples, através de *sites* com ajuda de tutoriais, onde o usuário pode obter dados através de buscas temáticas e *downloads* ou exportação de relatórios analíticos, mapas interativos, planilhas e textos. Da mesma forma, tais sistemas fornecem acesso a metadados, geoserviços, aplicativos e a outros sistemas afins.

Na estrutura de relacionamento do usuário com o sistema, é possível identificar a possibilidade de contatar o gestor/administrador/operador do mesmo, através das opções: “Fale conosco” (PARÁ, [2022?b]; ANA, [2022?a]), “Canais de atendimento” (CETESB, 2022a) e “Serviço de esclarecimento ao usuário” (SGB-CPRM, 2021b, 2021e). Vale ressaltar que tal medida é muito importante para ambos os interessados, pois de um lado o sistema pode ser continuamente melhorado a partir das demandas, reclamações e sugestões do usuário, e por outro o usuário tende a propor uma estrutura que venha atender melhor às suas necessidades e quem sabe da sociedade, por extensão.

5.8 Implantação de parques urbanos na Amazônia

Santos e Oliveira (2020) esclarecem que a partir da revolução industrial, no século XVIII, o ser humano ocasiona uma série de transformações sociais e ambientais, provocando o uso descontrolado dos recursos naturais, trazendo assim consequências significativas ao meio ambiente e à sociedade.

Historicamente, “as Unidades de Conservação (UC) tiveram seu início nos Estados Unidos da América, com a criação do Parque Nacional de Yellowstone, em 1872, sendo a região considerada como berço da formação das áreas de proteção ambiental” (SANTOS; OLIVEIRA, 2020).

No limiar da década de 1980, o Estado brasileiro instituiu a Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981, com o intuito de definir Unidades de Conservação para harmonizar a existência humana com os elementos ambientais de regiões específicas, permitindo assim a ocupação territorial da população sem prejuízos à diversidade biológica e à sustentabilidade dos recursos naturais (BRASIL, 1981a). No mesmo ano é instituída a Lei 6.938 que, de forma geral, estabelece critérios para a preservação e melhoria da qualidade ambiental, em prol do desenvolvimento econômico-social do Brasil (BRASIL, 1981b).

O declínio dos atributos qualitativos do meio físico se desenvolve em maior escala nas cidades, onde é notório o conflito entre a ocupação do território e a proteção dos recursos naturais. Neste aspecto, Nunes (2019) declara que a moradia e a expansão urbana não obedecem a qualquer consideração preservacionista ou conservacionista, por isso é primordial a busca por alternativas que permitam o desenvolvimento urbano ordenado, em equilíbrio com a qualidade ambiental e de vida da população.

A partir dos anos 2000, há o avanço na legislação que tem a finalidade de reprimir o avanço das transformações no meio físico, com a implantação de UCs mais restritivas. Trata-se da Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Dentre os objetivos desta política destacam-se a contribuição para a manutenção e restauração da diversidade biológica dos ecossistemas naturais, a promoção do desenvolvimento sustentável e a proteção de paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica (BRASIL, 2000).

No território brasileiro, os Parques, unidades de proteção mais restritivas previstas na Lei nº 9.985, foram estabelecidos antes da regulamentação desta norma, fato descrito no trabalho de Araújo Júnior *et al.* (2018), onde está posto que o Parque Nacional de Itatiaia, na divisa entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, encabeçou o movimento de instalação de UCs destinadas a proteger áreas com importantes recursos naturais, por iniciativa do governo federal, em 1937, com posterior criação do Parque Nacional do Iguaçu e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, ambos no Rio de Janeiro, em 1939.

Na análise de Araújo Júnior *et al.* (2018), sobre as unidades de conservação em meio urbano, observa-se que a falta de áreas verdes é um dos fatores que depreciam a qualidade de vida da população citadina, já que “estes espaços propiciam a melhor convivência com o ambiente, permitindo assim a socialização das pessoas, caminhadas, contato com fauna e flora, atividades de lazer desportivas, o que contribui para melhorias sociais e ambientais à vida nas cidades”. Por estes motivos, em casos específicos de degradação potencial, é necessário implantar Parques Urbanos, em uma tentativa de restringir ao máximo as influências antrópicas nas áreas protegidas.

Especificamente no caso da Amazônia, Nunes (2019) esclarece que “na década de 1970 a população urbana correspondia a 37%, em 1980 esse percentual subiu para 46%, passando para 56% em 1991 e atingindo no ano de 2010 a marca de 73%”. Este crescimento acelerado tornou as cidades um dos maiores problemas ambientais da região.

Esta realidade, comum às grandes cidades brasileiras, levou o Estado a implantar UCs de proteção integral, como explica Souza (2020) ao afirmar que os parques ambientais foram implantados predominantemente em espaços onde as atividades humanas já estavam consolidadas, para proteger os ecossistemas remanescentes, o que impõe uma gestão ambiental de enfrentamento aos impactos causados pelos ocupantes dessas áreas.

Souza (2020, p. 1378) revela ainda que:

De maneira geral, a criação de um parque na área urbana está acoplada a ideia de preservação e de qualidade de vida através dos serviços ambientais à sociedade por meio da filtragem do ar, água, vento e poluição sonora; estabilização do microclima local; formação de um espaço de educação ambiental e visitação que influencia positivamente na saúde mental e físico, além de abrigo de animais silvestres nativos ou introduzidos na área.

No que diz respeito à esfera administrativa, os Parques urbanos podem ser Estaduais ou Municipais, sendo que, na Amazônia, atualmente, há 38 deles instalados, como apresentado no **Quadro 04**. Na **Figura 49** estão destacados os 23 de domínio Estadual na região.

Quadro 4 - Parques Estaduais e Municipais na Amazônia.

Ordem	Nome da UC	UF	Ano de criação	Área (hectares)	Ordem	Nome da UC	UF	Ano de criação	Área (hectares)
1°	PE do Bacanga	MA	1980	3.165	20°	PE Sumaúma	AM	2003	53
2°	PNM de Porto Velho	RO	1989	391	21°	PE Chandless	AC	2004	690932
3°	PE de Guajará-Mirim	RO	1990	205.049	22°	PE Guariba	AM	2005	71100
4°	PE Serra do Aracá	AM	1990	1.869.869	23°	PE Sucunduri	AM	2005	796208
5°	PE de Corumbiara	RO	1990	380.240	24°	PE do Sítio do Rangedor	MA	2005	121
6°	PE do Utinga	PA	1993	1.398	25°	PNM do Cancão	AP	2007	371
7°	PE Rio Negro setor sul	AM	1995	77.951	26°	PE do Matupiri	AM	2009	509601
8°	PE Rio Negro setor norte	AM	1995	148.116	27°	PE Charapucu	PA	2010	65348
9°	PE da Serra das Andorinhas	PA	1996	25.032	28°	PNM Vereda dos Carajás	PA	2011	831
10°	PNM Lagoa das Garças	MT	1996	39	29°	PM Ariquemes	RO	2011	151
11°	PE Serra Ricardo Franco	MT	1997	156.999	30°	PNM Parque Florestal de Sinop	MT	2014	106
12°	PE Serra Santa Bárbara	MT	1997	120.432	31°	PNM Vale do Esperança	MT	2017	117
13°	PE Serra dos Reis	RO	1997	36.439	32°	PNM Colonizador José Bianchini	MT	2017	14
14°	PE Cristalino	MT	2000	59.020	33°	PNM de Castanhal/Pará	PA	2018	15
15°	PE do Xingu	MT	2001	95.330	34°	PNM Jardim Botânico	MT	2018	90
16°	PE de Monte Alegre	PA	2001	3.615	35°	PNM Paulo Viriato Corrêa da Costa	MT	2018	21
17°	PE Cristalino II	MT	2001	118.000	36°	PNM do Morro dos Ventos	PA	2019	46
18°	PE Igarapés do Juruena	MT	2002	223.758	37°	PNM de Redenção	PA	2019	16
19°	PE Tucumã	MT	2002	81.019	38°	PM da Cacimba	AM	2020	7

PE: Parque Estadual PNM: Parque Natural Municipal PM: Parque Municipal

Fonte: Adaptado de BRASIL (2022d).

Figura 49 - Localização dos Parques Estaduais na Amazônia.



Fonte: ISA (2020).

Na atualidade, com fenômenos naturais e epidemias se manifestando com maior frequência nas grandes cidades amazônicas, os parques urbanos têm se mostrado uma opção para aliviar a população das angústias do cotidiano, como esclarecem Meneses *et al.* (2020) ao afirmarem que o adensamento populacional, os efeitos das mudanças climáticas e os resultados da combinação destes fatores, motiva a preocupação com a fragilidade da saúde



dos habitantes, sendo uma das opções para responder a esta associação de infortúnios o acesso às áreas verdes, que têm se mostrado bastante promissoras na promoção da qualidade de vida do cidadão, trazendo assim reflexos positivos à saúde física e psíquica da coletividade.

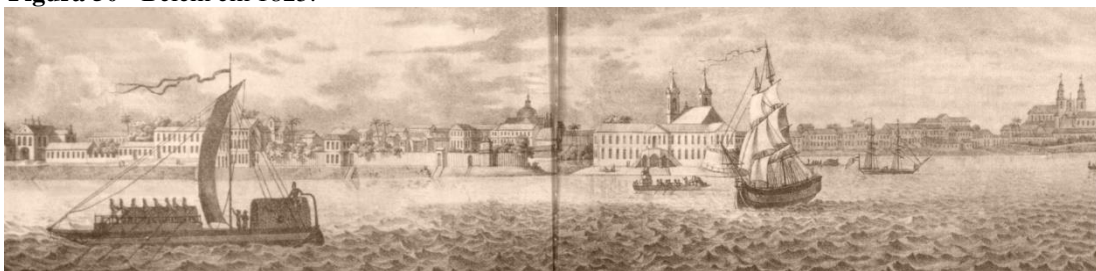
6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Belém do Pará: de Cidade Ribeirinha a Metrópole da Amazônia

A história de Belém começa no ano de 1616, mais precisamente no dia 12 de janeiro, com o lançamento das fundações do Forte do Presépio, hoje Forte do Castelo (IBGE, 2012).

Cardoso *et al.* (2015) revelam que a gênese do desenvolvimento urbano de Belém foi influenciada pelo papel que a cidade desempenhou na exportação de produtos amazônicos para as cortes europeias. A sua posição estratégica para a navegação fluvial e oceânica a consolidou como principal base de exportação desses produtos, até o início do século XX (Figura 50).

Figura 50 - Belém em 1825.



Fonte: Revista História Viva (2007).

Cardoso *et al.* (2015) informam ainda que em meados do século XIX tem início o ciclo de borracha na região, cujo auge é atingido entre 1879 e 1912. Este lapso temporal foi marcado por grandes mudanças socioeconômicas em Belém. A que mais contribuiu para a ocupação do espaço que hoje pertence à RMB, foi a diversificação do modal de transporte, de ribeirinho para ribeirinho-ferroviário, com a implantação da ferrovia Belém-Bragança (1908 a 1965).

Na primeira década do século XX destacam-se dois fenômenos econômicos na capital paraense: o declínio do comércio da borracha e a ascensão da industrialização (GOMES *et al.*, 2019). Com relação ao segundo fenômeno, Cardoso *et al.* (2015) afirmam que em 1907 Belém possuía 146 empresas e em 1940 já eram 912 unidades.

Entre 1940 e 1950 Belém apresentou um aumento populacional na casa dos 24,0%, enquanto Manaus e Rio Branco, cidades de destaque na Amazônia ocidental, apresentaram acréscimos de 32,0% e 77,0%, respectivamente (IBGE, 2021). O maior incremento populacional nas capitais do oeste amazônico teve influência do fenômeno conhecido como “a segunda chance para a borracha brasileira”. Este fato foi motivado pela perda, durante a Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945), do acesso ao produto asiático, por parte das

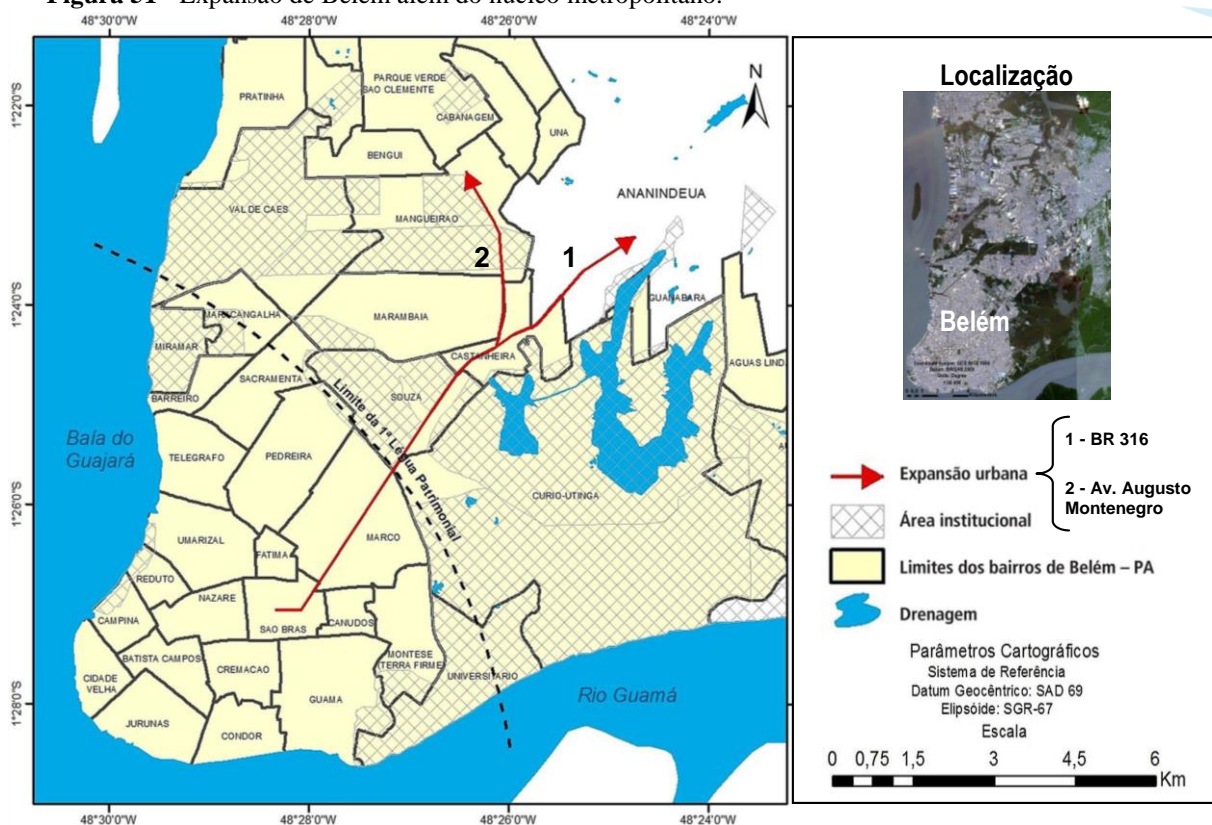
potencias aliadas, o que colocou o Brasil e a Amazônia novamente na rota do comércio mundial (PONTES, 2015).

Santos (2017) explica que a partir de 1960 a capital paraense se expande em uma malha metropolitana, motivada pela circulação e integração de pessoas atraídas pela construção da rodovia Belém-Brasília. Esta obra dá início a um processo migratório que levou Belém e Ananindeua, entre 1970 e 1980, a um aumento populacional de 48% e 190%, respectivamente. A média das capitais Amazônicas foi de 72% no período (IPEA, 2015; MENDES, 2018; IBGE, 2021).

A RMB foi criada pela Lei Federal nº 14, de 08 de junho de 1973, abrangendo apenas Belém e Ananindeua. Naquela época, as áreas de terra firme da primeira légua patrimonial¹¹ de Belém já se encontravam densamente povoadas, o que motivou o aparecimento de condomínios e invasões ao longo da segunda légua patrimonial, particularmente em direção à Ananindeua e Icoaraci, pela facilidade de traslado oferecida pelos eixos de expansão urbana: Avenida Augusto Montenegro e Rodovia BR 316 (SANTOS, 2017; MENDES, 2018) (**Figura 51**).

¹¹ Porção de terra municipal doada pela Coroa Portuguesa para o estabelecimento das freguesias precursoras das cidades. Posteriormente, com a Lei das Terras (1850), as cidades maiores receberam a segunda légua patrimonial, para garantir o domínio municipal (CARDOSO *et al.*, 2015).

Figura 51 - Expansão de Belém além do núcleo metropolitano.



Fonte: Adaptado de Santos (2017).

Com a ruptura do confinamento na primeira léngua patrimonial, a metrópole se expande em direção aos municípios de Ananindeua e Marituba, principalmente. Na análise do crescimento populacional, observa-se que, entre 2000 e 2010, Belém apresentou o menor índice entre os municípios da mais recente configuração da região metropolitana (SANTOS, 2017). Atualizando os dados do autor, observa-se que a capital paraense mantém o baixo nível de evolução demográfica, na última década, enquanto que Ananindeua e Marituba ostentam índices bem mais expressivos, **Tabela 01**.

Tabela 1 - RMB: taxa de crescimento dos municípios (1980, 1991, 2000, 2010 e 2020).

Municípios	1980-1991	1991-2000	2000-2010	2010-2020
Belém	2,65	0,32	0,85	7,62
Ananindeua	2,68	18,09	1,83	13,47
Benevides	10,73	-7,02	3,81	23,46
Castanhal	-	-	2,56	17,39
Marituba	-	-	3,82	23,50
Santa Bárbara do Pará	-	-	4,18	25,13
Santa Izabel do Pará	3,01	2,93	3,24	20,80

Fonte: Adaptado de Santos (2017), com atualizações de IBGE (2015) e PARÁ ([2022?]).



Ressalta-se que até o ano de 2010 a RMB era composta por Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará, de acordo com a Lei Federal nº 14, de 08.06.1973, e com as Leis Complementares Estaduais nº 27, de 19 de outubro de 1995, e nº 072, de 20 de abril de 2010. A partir de 2011, Castanhal passa a compor a RMB, de acordo com o texto da Lei Complementar Estadual nº 076, de 28 de dezembro de 2011.

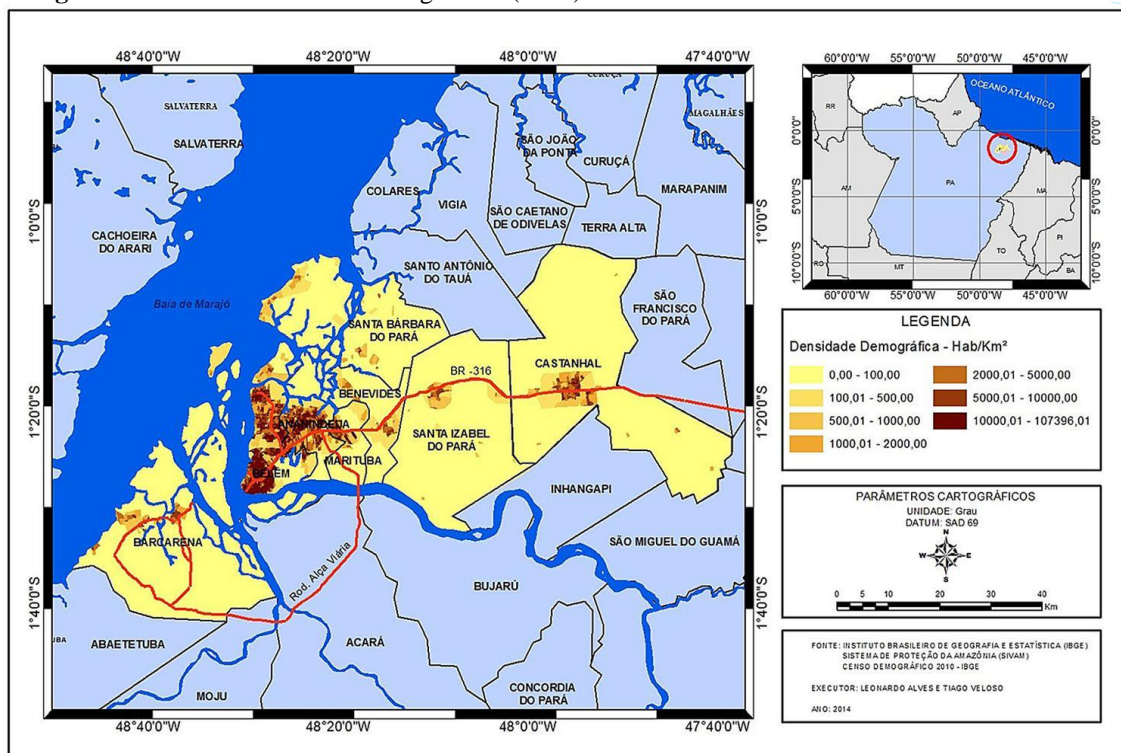
Ainda conforme Santos (2017), Belém apresenta uma estrutura dispersa do espaço metropolitano, em virtude das características de periferização¹² e suburbanização¹³. Como reflexo disso, observa-se a presença de significativas aglomerações urbanas ao longo dos vetores de expansão metropolitana, **Figura 52**.

Em relação à evolução populacional de Belém e suas consequências, o Censo Demográfico 2010 do IBGE mostrou que nas áreas mais densamente povoadas estavam o maior número de aglomerados subnormais. A capital paraense ainda foi reconhecida como aquela com maior deficiência em infraestrutura urbana (PONTE *et al.*, 2020). No **Quadro 05** observa-se o cenário divulgado pelo IBGE, para 2010, e as estimativas para 2019.

¹² Compreende-se periferização como um processo no qual a edificação de novas áreas residenciais não se dá de forma contínua à malha urbana, mas sim a partir de grandes vazios urbanos (TOMBERG, 2020).

¹³ A suburbanização é um processo relacionado com o desenvolvimento de subúrbios em torno das grandes cidades e áreas metropolitanas. O processo é gerado pelo aumento da população total e pela reestruturação interna das cidades (FÓRUM DAS CIDADES, 2016).

Figura 52 - RMB: densidades demográficas (2014).



Fonte: Santos (2017).

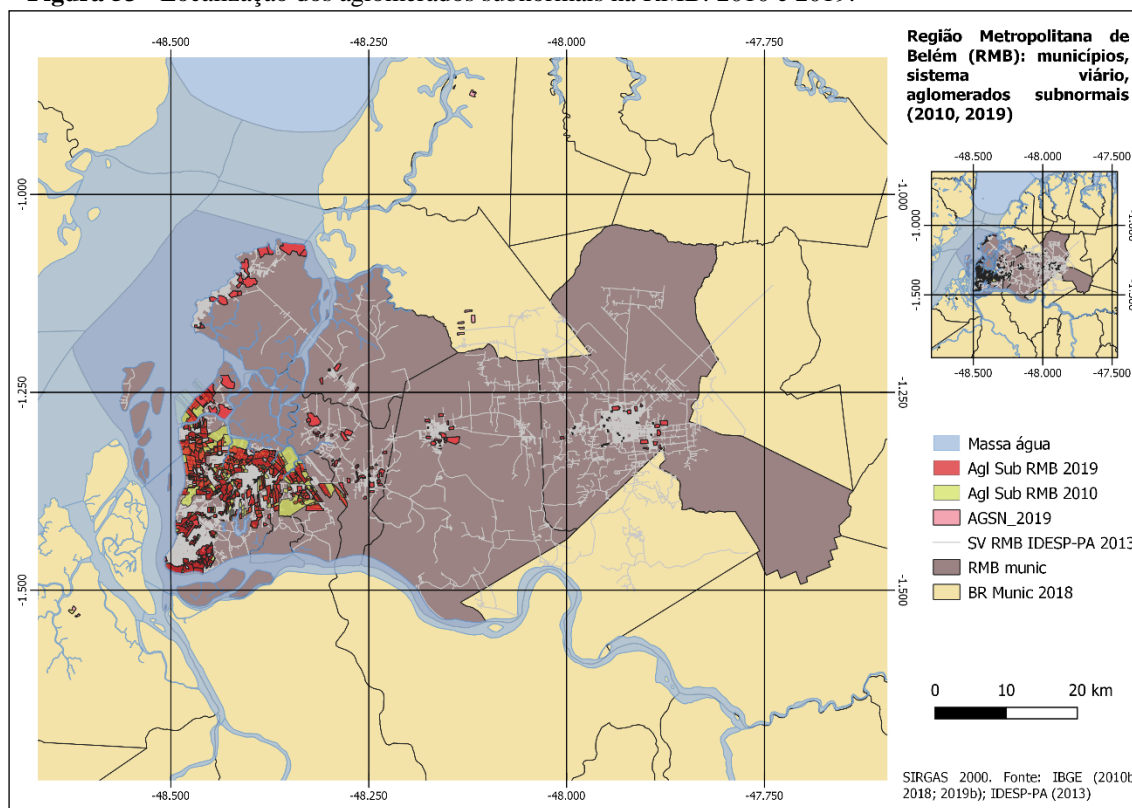
Quadro 5 - População estimada e aglomerados subnormais na RMB.

NOME DO MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ESTIMADA (2019)	POP. AGLOMERADOS SUBNORMAIS 2010	DOM. AGL. SUB. 2010	DOM. AGL. SUB. 2019
Ananindeua	530.598	288.611	12.922	76.146
Belém	1.492.745	758.524	369.177	225.577
Benevides	62.737	765	13.694	8.647
Castanhal	200.793	-	-	6.645
Marituba	131.521	83.368	27.413	23.587
Santa Bárbara do Pará	21.079	-	-	550
Santa Izabel do Pará	70.801	-	-	2.458
Total RMB	2.510.274	1.131.268	423.306	343.610

Fonte: Ponte *et al.* (2020).

Segundo os citados autores, nos grandes aglomerados subnormais os maiores problemas de infraestrutura estão associados à acessibilidade às residências, ao acesso à rede pública de distribuição de água e coleta de esgoto, além do fornecimento de energia para o interior das casas. Na **Figura 53** encontram-se espacializados os aglomerados subnormais na RMB.

Figura 53 - Localização dos aglomerados subnormais na RMB: 2010 e 2019.



Fonte: Ponte *et al.* (2020).

O grande aglomerado contíguo à Belém tem sua origem na ocupação de terrenos sujeitos a inundações periódicas, pelo efeito das marés, portanto, em área inadequada à urbanização formal. Para além da capital paraense, os dados do IBGE mostram que Ananindeua figura em segundo lugar na quantidade de domicílios em aglomerados subnormais, na faixa de população municipal entre 350 mil e 750 mil habitantes. Já na faixa acima de um milhão de habitantes, Belém apresenta as piores condições de infraestrutura urbana do país, onde figuram a deficiência de vias públicas com meio-fio/guia, esgoto a céu aberto ou lixo nos logradouros como elementos ligados ao saneamento que pioram as condições socioambientais da população (PONTE *et al.*, 2020).

Para Sousa, Lima e Santos (2019), no período mais recente a metropolização de Belém obedece a uma ordem global que fomenta a geração de riquezas no espaço urbano, onde a maior oferta de emprego atrai pessoas de variados locais em busca de melhores condições de vida, as quais acessam a capital paraense através dos eixos de mobilidade intermunicipais e interestaduais. Contudo, a baixa probabilidade de conseguir moradias próximas ou relativamente próximas aos locais de trabalho levam os trabalhadores a cada vez mais ocupar as periferias dos municípios que compõem a RMB, ou as margens dos eixos de integração

regional (BR 316, Rodovia Augusto Montenegro e Alça Viária), fato corroborado por Santana Júnior (2018).

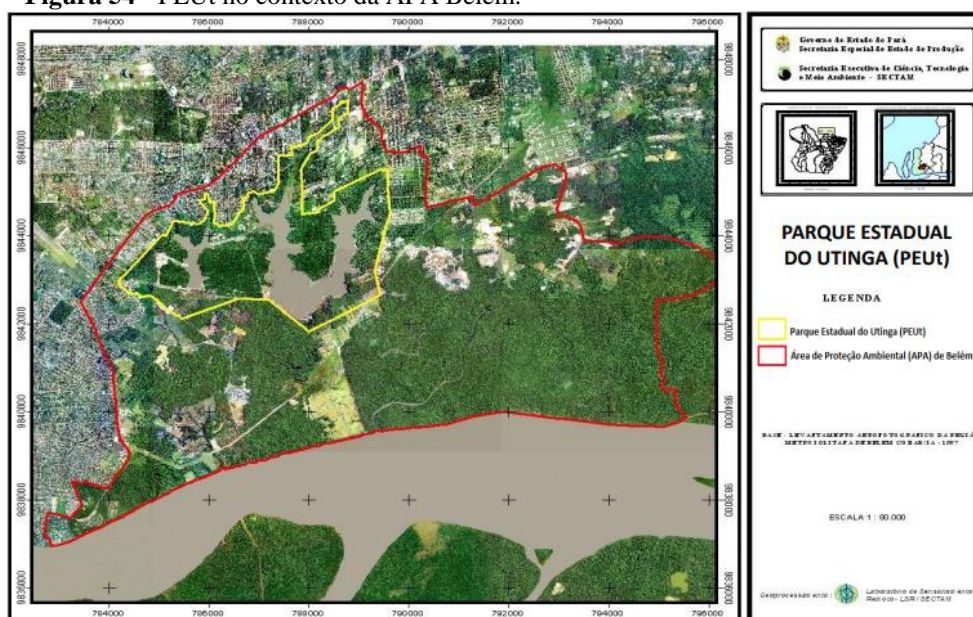
Do exposto, observa-se que a RMB, metrópole da Amazônia mais densamente povoada, segundo IBGE (2022b), apresenta uma pressão territorial exacerbada às UCs urbanas, situação esta que coloca em estado de vulnerabilidade os mananciais do Parque Estadual do Utinga, algo potencialmente prejudicial à qualidade das águas para abastecimento público, como também aos serviços ecossistêmicos fornecidos à população pela área protegida.

6.2 Área de estudo

Segundo PARÁ (2013b), o Parque Estadual do Utinga (PEUt) foi criado e atualizado pelos Decretos Estaduais (PA) nº 1.552/1993 e nº 1.330/2008, respectivamente, com uma área de 13,94 km², nos territórios dos municípios de Belém (99%) e Ananindeua (1%), no interior da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém (APA Belém), que se constitui em uma UC de uso sustentável de, aproximadamente, 56,54 km² (Figura 54) (PARÁ, 1993, 2008).

O PEUt, segundo o Art. 8º da Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, faz parte das Unidades de Proteção Integral, cuja função é “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000).

Figura 54 - PEUt no contexto da APA Belém.



Fonte: Silva e Silva (2017).

PARÁ (2013b, p. 24) esclarece que:

O parque foi criado para proporcionar um espaço de lazer à comunidade; desenvolver atividades científicas, culturais, educativas, turísticas e recreativas; e preservar a fauna e a flora da UC de proteção integral. Além disso, sua criação objetivou assegurar a potabilidade da água por meio do manejo dos mananciais e da recuperação das áreas degradadas e ampliar a vida útil dos lagos Bolonha e Água Preta, responsáveis por 63% do abastecimento de água da RMB.

Porém, o Decreto Estadual nº 1.552/1993, em seu Art. 3º, estabelece objetivos bem mais amplos para o PEUt que, naquela época, era denominado Parque Ambiental de Belém.

Art. 3º - O Parque Ambiental de Belém tem por objetivos:

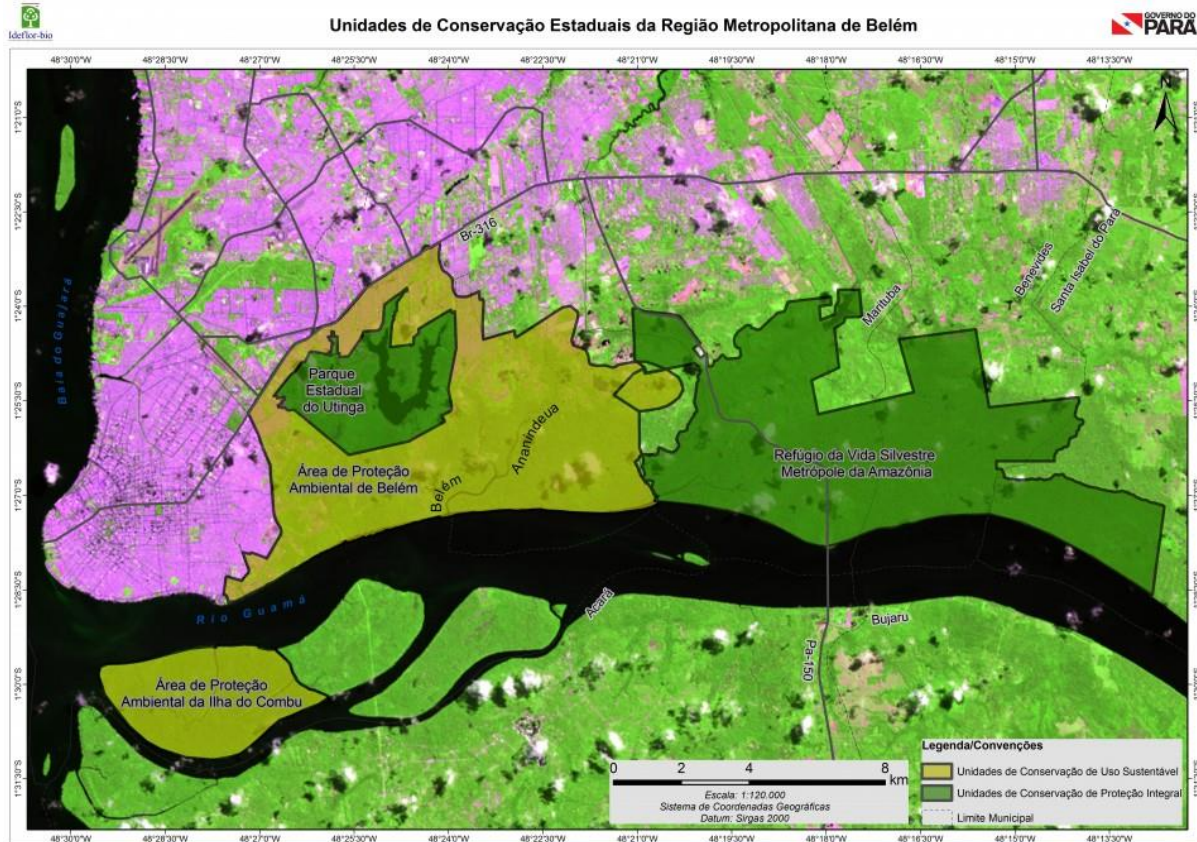
- I - Assegurar a potabilidade da água através do manejo dos mananciais e da recuperação das áreas degradadas;
- II - Propiciar um espaço de lazer para a comunidade, bem como possibilitar o desenvolvimento de atividades científicas, culturais, educativas, turísticas e recreativas;
- III - Ampliar a vida útil dos lagos Bolonha e Água Preta, pois abastecem cerca de 60% da população de Belém e região metropolitana;
- IV - Preservar os animais silvestres que se refugiam no local devido a expansão das áreas urbanas circunvizinhas;
- V - Assegurar a integridade das florestas e demais formas de vegetação de preservação permanente existentes na área, de acordo com o estabelecimento no artigo 2º da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de setembro de 1965, cuja remoção é vedada, com vistas a contribuir na consecução de um índice mínimo de cobertura florestal na Região Metropolitana de Belém;
- VI - Conservar amostras representativas da biodiversidade paraense, constituindo um banco genético em condições de fornecer propágulos para projetos de arborização e reflorestamento ecológicos, bem como para pesquisas científicas;
- VII - Proteger a paisagem;
- VIII - Assegurar o convívio da população humana com outras formas de vida vegetal e animal;
- IX - Valorizar os municípios de Belém e Ananindeua permitindo o desenvolvimento do turismo;
- X - Promover a manutenção das condições ambientais proporcionadas pela vegetação, resultando em benefícios para a melhoria da qualidade de vida da população.

O Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio), órgão gestor do Parque, denomina como Região Administrativa de Belém o espaço protegido correspondente à união entre o PEUt, a APA Belém, o Refúgio de Vida Silvestre Metrópole da Amazônia e a Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu. O Instituto esclarece ainda que 47% da área total é de proteção integral, ou seja, pertencem ao PEUt e ao Refúgio de Vida Silvestre Metrópole da Amazônia (PARÁ, 2018a) (**Figura 55**).

Destaca-se, entre os muitos atributos do Parque, a sua gênese na floresta Amazônica, o que lhe concede uma formação vegetal composta por florestas de terra firme e inundadas.

Além disso, a UC abriga os principais mananciais de água doce da RMB, os lagos Bolonha e Água Preta, que possuem, aproximadamente, 400 hectares de lâmina d'água, com volumes de 2,0 e 10,0 milhões de metros cúbicos (m^3) de água, respectivamente (PARÁ, 2018a).

Figura 55 – Mapa de localização das Unidades de Conservação da Região Metropolitana de Belém.



Fonte: PARÁ (2018a).

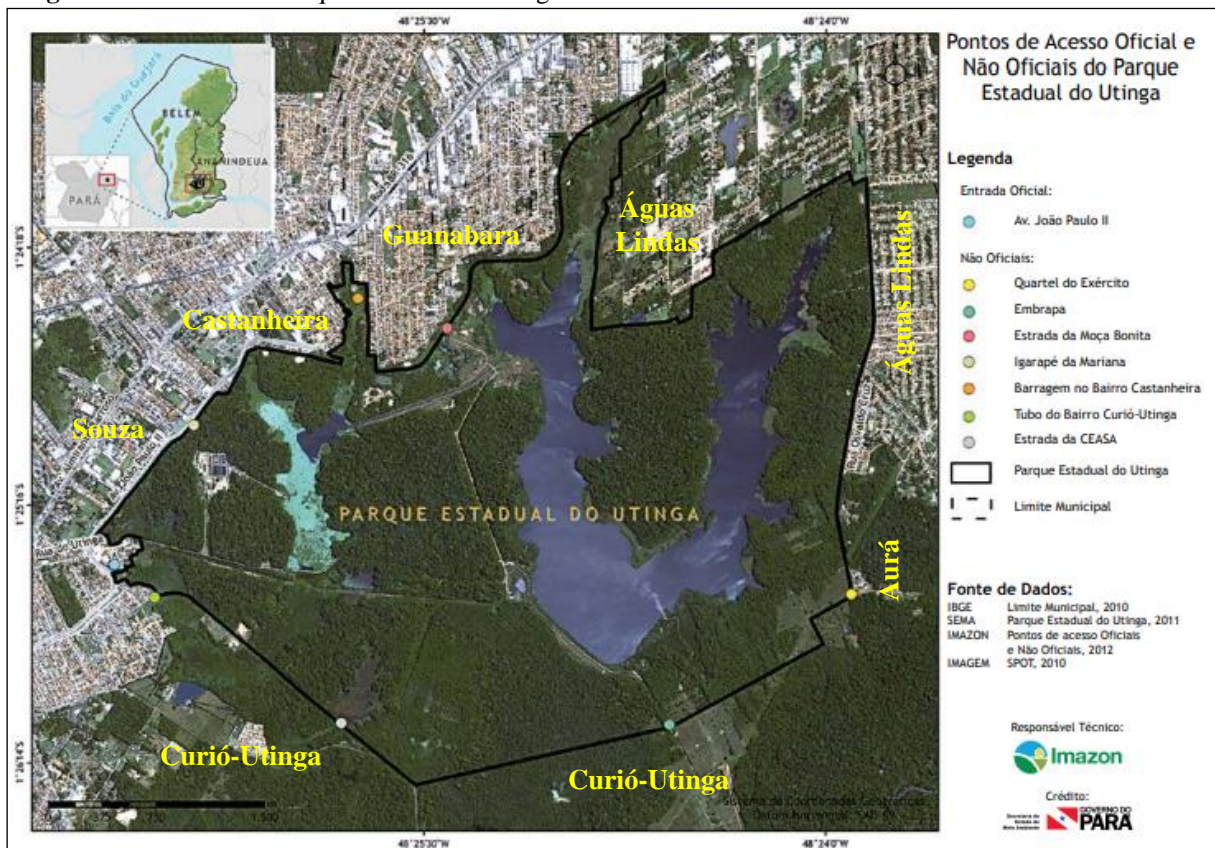
No contexto urbano da RMB, o PEUt é limitado ao norte pelos bairros Guanabara e Castanheira; a oeste pelo bairro Souza; a leste pelos bairros Aurá e Águas Lindas; e ao sul pelo bairro Curió-Utinga (PARÁ, 2013b) (Figura 56).

A UC exibe a diversidade biológica da região Amazônica e está inserida no Centro de Endemismo¹⁴ Belém, que atrai observadores, cientistas e a população em geral, pelo seu amplo e peculiar número de espécies vegetais e animais. Porém, em função de se encontrar no interior da segunda maior zona urbana do norte do Brasil, o PEUt atualmente possui cerca de 150 mil pessoas morando no seu entorno. Este cenário é resultado da ocupação urbana desordenada, levada a cabo por um contingente migratório que nas últimas décadas se moveu em direção à Amazônia, em busca de trabalho e melhores condições de vida. No que diz

¹⁴ Centros de Endemismo são regiões que contêm elevados índices de espécies endêmicas.

respeito à governabilidade do espaço pelo poder público, a ocupação irregular do entorno da UC se revela como uma das principais ameaças (PARÁ, 2018a, 2018b).

Figura 56 - Limites do Parque Estadual do Utinga.



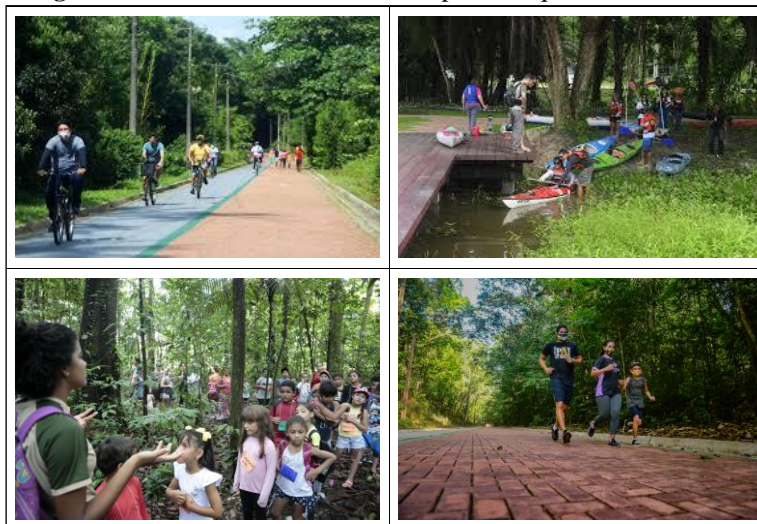
Fonte: Adaptado de PARÁ (2013b).

Em decorrência de ser uma opção para a prática de esporte, lazer e contemplação da natureza em pleno centro urbano da RMB, o Parque é utilizado pela população para caminhadas ao ar livre, corridas de curta distância, além de passeios de bicicleta e patins. Destaca-se ainda o estímulo que o espaço proporciona ao ecoturismo, pois apresenta “múltiplas opções de trilhas com diferentes níveis e percursos – todas em contato direto com a abundância e a riqueza de espécies de fauna e flora presentes” (PARÁ, 2018b) (Figura 57).

No interior do Parque, além das atividades descritas anteriormente, observa-se outras voltadas para a gestão da área e proteção dos visitantes, como também para o bom funcionamento de Belém e região metropolitana. Por outro lado, verifica-se situações potencialmente prejudiciais à conservação dos recursos naturais da UC. Neste sentido, Souza (2020, p. 1383) informa que atualmente no interior dos limites do PEUt, encontram-se as seguintes instalações e atividades:

- Adutora do rio Guamá; Estação de Tratamento de Água (ETA) da RMB;
- Escritórios da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA);
- Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – IDEFLOR-Bio;
- Batalhão de Polícia Ambiental do Pará;
- Invasões (uso residencial) nas cabeceiras dos lagos e no prolongamento da Avenida João Paulo II.

Figura 57 - Atividades desenvolvidas pelos frequentadores do PEUt.



Fonte: PEUt ([2022?]); PARÁ (2021).

Nas **Figuras 58 e 59** são apresentadas as instalações da ETA e o Batalhão da Polícia Ambiental.

Figura 58 - Estação de tratamento da RMB (COSANPA).



Fonte: COSANPA (2020).

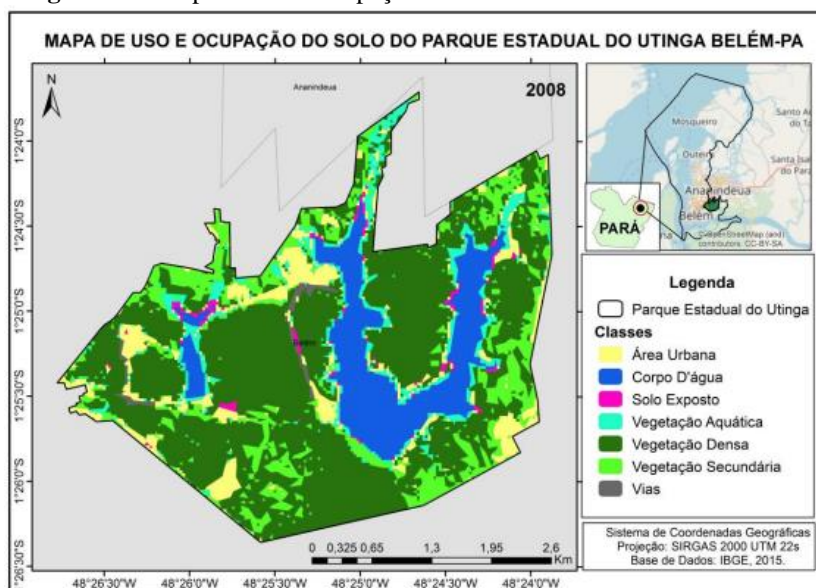
Figura 59 - Batalhão da polícia Ambiental no PEUt e atividades realizadas.



Fontes: (a) Facebook (2021); (b) PEUt ([2022?]); (c) Amazônia (2020); G1 Pará (2021).

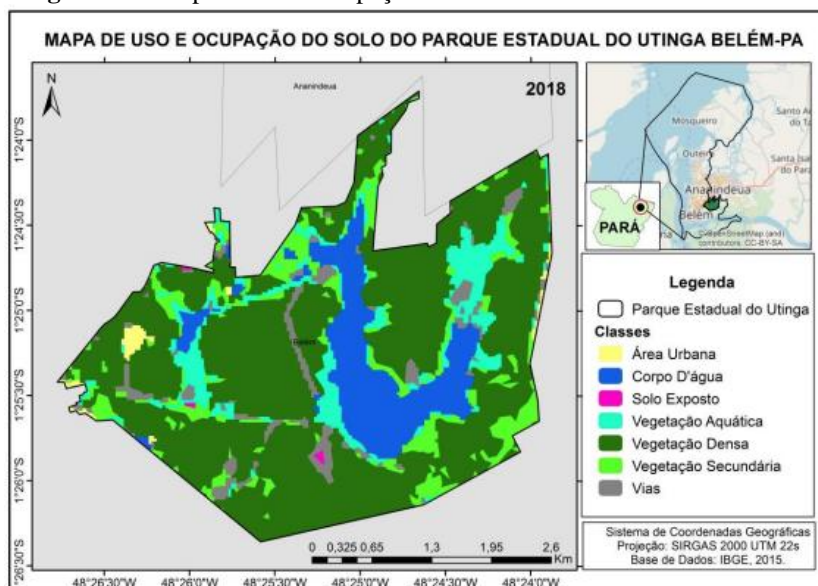
Quanto à ocupação irregular na área do Parque, Gama *et al.* (2019) informam que entre 2008 e 2018 houve uma redução de cerca de 9,0%, porém, sem impactos significativos no avanço da eutrofização dos lagos Bolonha e Água Preta (**Figuras 60 e 61**).

Figura 60 - Mapa de uso e ocupação do solo no PEUt no ano de 2008.



Fonte: Gama *et al.* (2019).

Figura 61 - Mapa de uso e ocupação do solo no PEUt no ano de 2018.



Fonte: Gama *et al.* (2019).

Como a UC abriga o “celeiro das águas” de Belém, conforme descreve Souza (2020), a rede de drenagem que se estende por sua área contribui com os lagos Bolonha e Água Preta para a manutenção de volumes de água que atendam aos objetivos de criação do Parque, no que diz respeito à oferta hídrica para parte da RMB, sem contar com o que é bombeado do Rio Guamá.

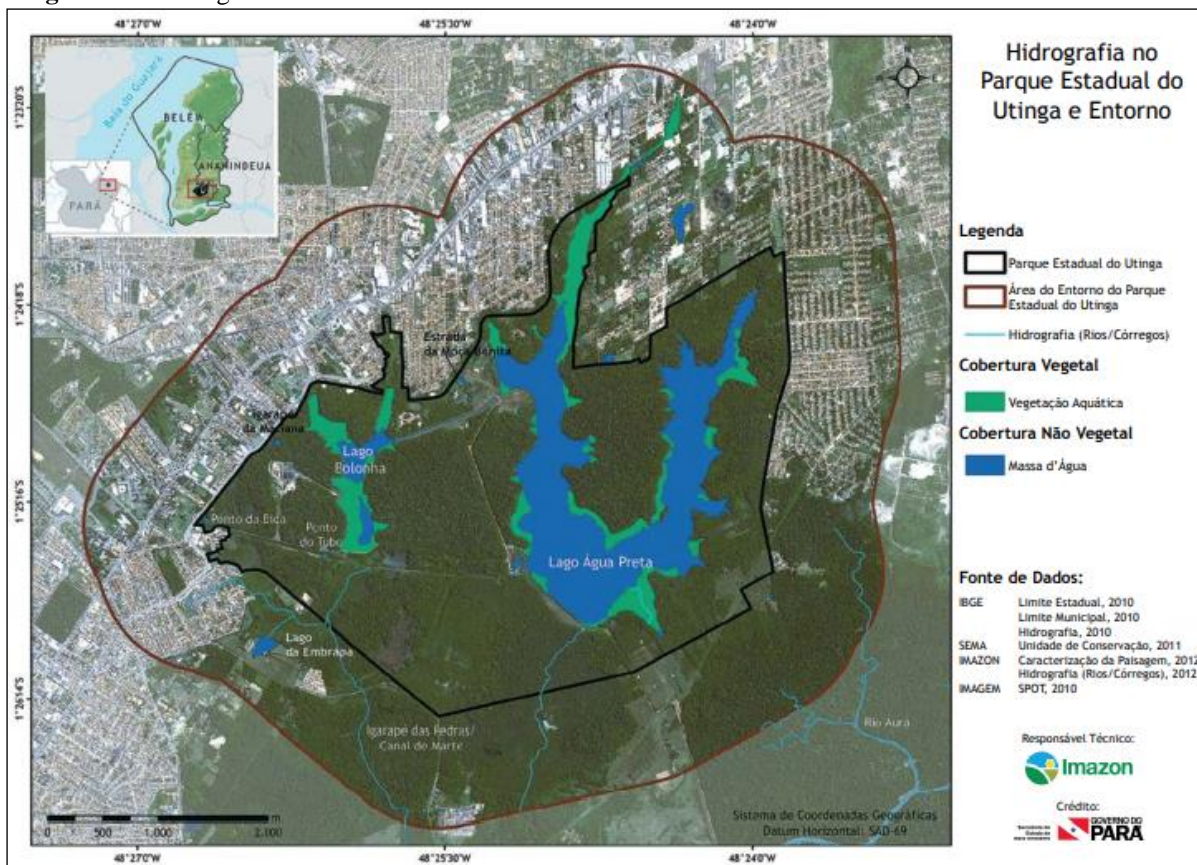
Nesta linha de abordagem, PARÁ (2013b) descreve a hidrografia da área como uma composição entre os citados lagos e cinco igarapés: Santo Antônio, Pescada, Juvêncio, Juruca e Santana, cujas nascentes se localizam nos limites do Parque (**Figura 62**).

Ressalta-se que esta rede de drenagem escoar parte de um volume de chuva anual da ordem de 3100 milímetros, em média, com o período de maior pluviosidade entre dezembro e maio, que representa cerca de 73% do total anual (**Figura 63**) (ANA, 2022b). Vale destacar que o posto cujos dados foram usados nesta análise está localizado na borda sudoeste do PEUt, próximo o suficiente para ser representativo quanto ao regime pluviométrico local, pois, segundo Nascimento *et al.* (2020), a RMB pode ser enquadrada na categoria “planícies e interiores”, cuja densidade mínima é de um pluviômetro a cada 575 km², em um raio aproximado de 13,5 km, maior, portanto, do que aquele apresentado na **Figura 64**.

Barbi e Rei (2021) informam que as cidades e áreas urbanas são cada vez mais reconhecidas como áreas propícias para ações de mudança climática, sendo que as alterações nos regimes de chuva podem afetar seriamente a economia, a habitação, a saúde e os ecossistemas. Neste contexto, a análise temporal das chuvas em Belém mostra que a partir dos

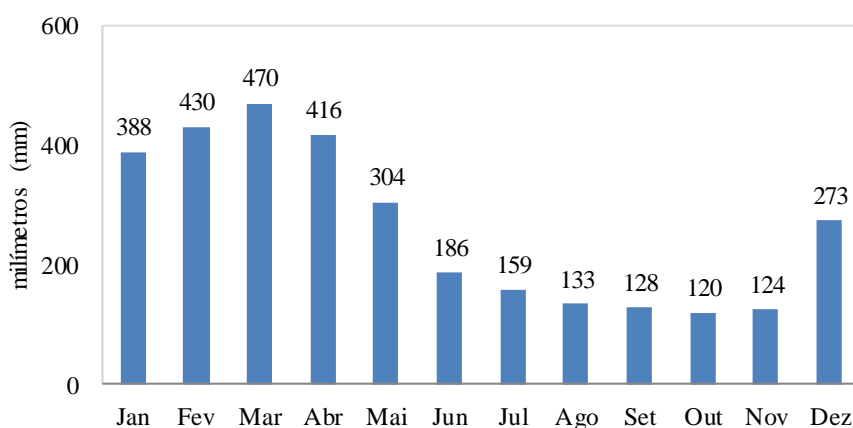
anos 2000 há uma tendência de elevação dos totais pluviométricos (**Figura 65**), algo preocupante, já que a capital paraense tem recorrentes alagamentos e inundações provenientes “dos altos índices pluviométricos, falta de planejamento no uso e ocupação do solo, e pelo grande volume de resíduo produzido e descartado de maneira inadequada” (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Figura 62 - Hidrografia do PEUt.



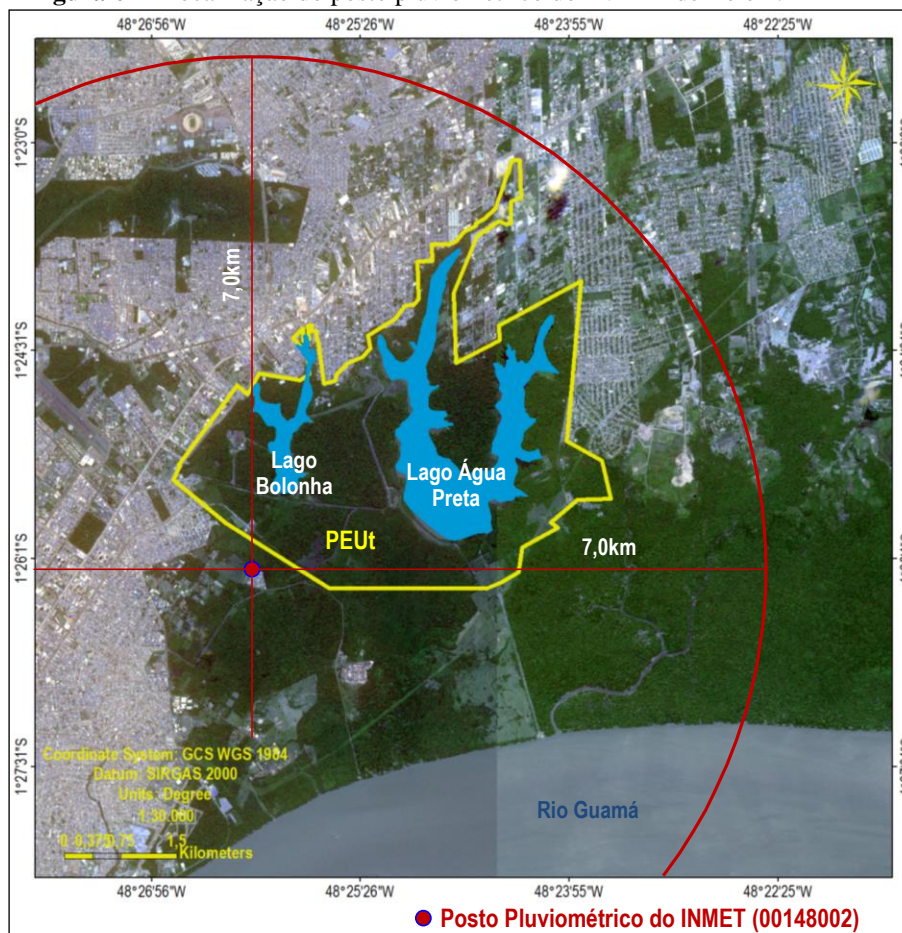
Fonte: PARÁ (2013b).

Figura 63 - Volumes de chuva médios mensais em Belém.



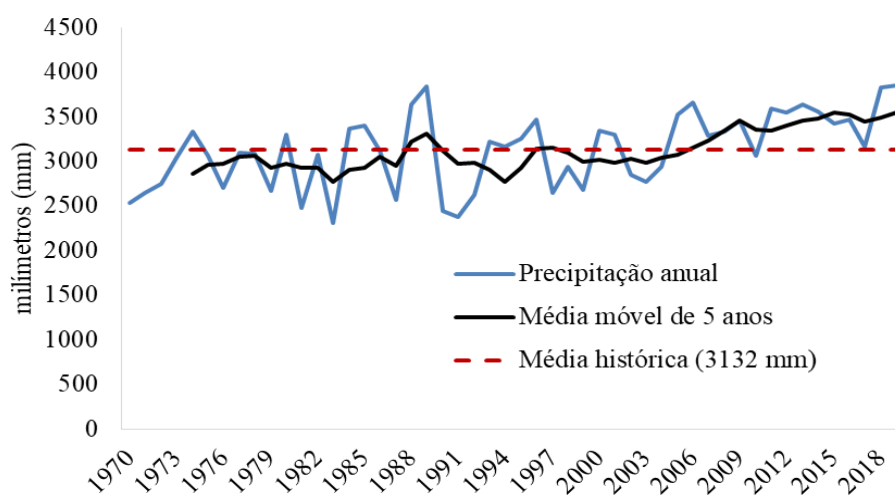
Fonte: ANA (2022b).

Figura 64 - Localização do posto pluviométrico do INMET de Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 65 - Análise temporal das chuvas em Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados de ANA (2022b).

Segundo ANA (2018b), parte do expressivo volume de água que precipita sobre Belém reabastece os aquíferos mais superficiais, sendo a condutividade hidráulica vertical -

Kv (parâmetro que expressa a taxa de infiltração da água no solo) - estimada entre 0,332 e 0,992 metros por dia (m/dia), na região da capital paraense onde encontra-se o PEUt. Quanto à recarga natural desta região, a mesma já foi apresentada anteriormente (**Figura 07**).

Os sistemas aquíferos que compõem o subsolo da Região Metropolitana de Belém são o Barreiras e o Pirabas, sendo que:

O **Sistema Aquífero Barreiras**, composto por sedimentos das coberturas recentes e das unidades Pós-Barreiras e Barreiras, distribui-se pelos municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, onde ocupa área total de 1.893 km. O **Sistema Aquífero Pirabas**, formado pelos sedimentos da unidade litoestratigráfica homônima, ocorre somente em subsuperfície, encimado pelo Sistema Aquífero Barreiras (ANA, 2018a, p. 174, destaque dos autores).

O quadro a seguir apresenta a ocorrência dos sistemas aquíferos em Belém e adjacências.

Quadro 6 - Ocorrência de Barreiras e Pirabas na RMB.

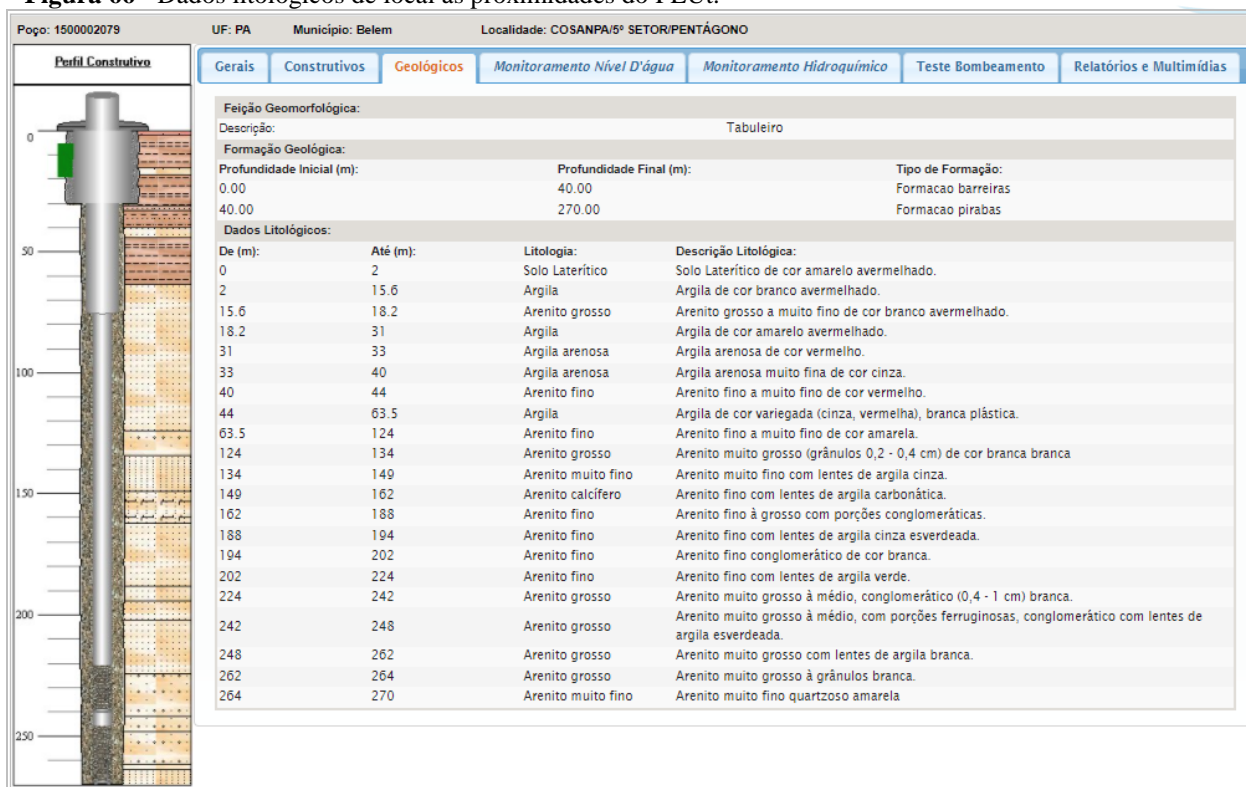
Sistema aquífero	Unidade geológica	Área (km ²) no município						Total
		Ananindeua	Belém	Benevides	Marituba	Santa Bárbara	Santa Izabel do Pará	
Barreiras	Coberturas recentes	60,45	197,57	30,19	27,04	53,26	79,42	447,93
	Pós-Barreiras	98,17	272,39	47,29	32,29	158,58	256,46	865,18
	Barreiras	10,95	23,60	102,46	36,71	47,49	359,12	1313,11
	Total	169,57	493,56	179,94	96,04	259,33	695	1893,44
Pirabas	Pirabas	169,57	493,56	179,94	96,04	259,33	695	1893,44

Fonte: ANA (2018a).

Ademais, ANA (2018a) informa que “as espessuras dos aquíferos na região ainda são pouco conhecidas, em função das informações de subsuperfície, majoritariamente constituída por poços, não serem uniforme, com concentração predominante nas áreas mais urbanizadas”.

Apesar disso, o poço da Rede de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas (RIMAS), pertencente à COSANPA – 5º Setor, localizado a cerca de 4,0 km do PEUt, apresenta um perfil geológico que mostra a disposição dos dois aquíferos nas camadas do subsolo (**Figura 66**). Como se pode observar, há predominância de arenitos, intercalados, poucas vezes, por argilas, até 270,0 metros de profundidade.

Figura 66 - Dados litológicos de local às proximidades do PEUt.



Fonte: SGB - CPRM (2021a).

Dados de ANA (2018c) permitem aferir que no interior do PEUt e no seu entorno as unidades geológicas se constituem em pacotes sedimentares divididos entre: a) Depósitos Argilosos Flúvio-marinhos; b) Sedimentos Pós-Barreiras, Depósitos Aluviais, Eólicos e Lateríticos; c) Barreiras, Sedimentos Argilosos, Arenosos e Conglomeráticos. Apesar desta constatação, as espessuras das camadas aquíferas na RMB não são bem definidas, porém, pode-se afirmar que até 78,0 m de profundidade há predominância de pacotes compostos por material arenoso, que são representativos da Formação Barreiras (ANA, 2018c). Vale ressaltar que esta composição facilita a infiltração e percolação das águas até os depósitos subterrâneos.

Assim sendo, e levando-se em conta o seguinte: a) o sentido das drenagens na área em direção ao PEUt (**Figura 06**); b) a expressiva vazão de recarga dos aquíferos na área de estudo (**Figura 07**); c) a pressão territorial imposta à UC (**Figuras 01 e 02**), conclui-se que o solo e o subsolo do PEUt são favoráveis ao escoamento, infiltração e percolação de líquidos de origem difusa, provenientes, principalmente, dos bairros da Guanabara, Castanheira e Águas Lindas (**Figura 56**). Ressalta-se que tais resíduos são potencialmente contaminantes e podem colocar em risco todos os objetivos planejados para a área protegida.

6.3 Parâmetros indicadores da qualidade das águas e do solo utilizados no Brasil

De acordo com IBGE (2017), a qualidade das águas interiores é um importante indicador das condições ambientais do local ou região onde o corpo hídrico está inserido. Porém, tal qualidade está intimamente relacionada ao tratamento que o ser humano dispensa aos elementos do meio físico (ar, solo, água, flora, fauna), podendo ser boa ou ótima, quando há responsabilidade ambiental, ou de ruim a péssima, quando do contrário. Mas, como mensurar e avaliar o nível de comprometimento da qualidade dos recursos naturais, por exemplo, com o avanço das metrópoles?

A interação água/solo/subsolo, quando em condições naturais, gera benefícios ambientais que afetam direta ou indiretamente as condições de bem-estar de todas as formas de vida. “As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas que as armazenam” (CETESB, 2016a).

A atividade antropogênica, que origina principalmente cargas poluidoras pontuais domésticas e industriais e cargas difusas de origem urbana e rural, pode influenciar na qualidade do solo e, por conseguinte, das águas superficiais e subterrâneas (CETESB, 2016a).

Então, nesta linha de pensamento, apresenta-se a seguir abordagens sobre as ações que estão em andamento para medir e avaliar a qualidade das águas e do solo no Brasil, a partir dos parâmetros definidos para cada um destes componentes ambientais. Apresentam-se também as normas correlatas que balizam cada ação e estabelecem os máximos valores permitidos para cada parâmetro investigado.

a) Águas Superficiais

Cronologicamente, a instalação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) é o esforço mais remoto do governo para coletar informações sobre os rios e as chuvas no território nacional. O estabelecimento dos primeiros postos de monitoramento remonta o início do século XX, com a posterior ampliação, do que seria a RHN hoje, no início dos anos 1930 (ANA, 2017).

A partir do final dos anos 1970, sob a administração do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), a RHN passa a contar com uma rede básica de qualidade de água, que é responsável pelo levantamento dos parâmetros: pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura, obtidos por ocasião de medição de vazões (ANA, 2017).

Atualmente, esses quatro parâmetros são medidos através de sondas multiparamétricas, que são postas em contato com os corpos d'água, não necessitando de

coleta, transporte e análise de amostras em laboratórios. Porém, “apenas esses quatro parâmetros não permitem que se avalie adequadamente a evolução da qualidade das águas brasileiras, sendo necessários outros parâmetros que requerem coletas de amostras e análises laboratoriais” (ANA, [2022?f]).

A partir desta constatação, a ANA, em conjunto com outras instituições que operam redes de monitoramento, concebe e lança o PNQA (Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água), cuja estrutura para obtenção de dados conta com estações da RHN e dos órgãos estaduais de recursos hídricos. Este conjunto com pouco mais de 4.000 estações dá origem à Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA) (ANA, 2012, 2013).

O PNQA objetiva ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, para orientar a elaboração de políticas públicas voltadas à recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água interiores, em prol da gestão sustentável dos recursos hídricos (ANA, [2022?f]). O detalhamento dos parâmetros mínimos da qualidade das águas na RNQA, encontra-se no **Quadro 07**.

Quadro 7 - Parâmetros indicadores de qualidade da água, segundo a RNQA. (continua)

Categoria	Parâmetro ⁽¹⁾
Físico-químico	1) Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
	2) Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$) e
	3) Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)
	4) Turbidez (UNT)
	5) Oxigênio Dissolvido (mg/L de O_2)
	6) pH
	7) Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)
	8) Sólidos Totais em Suspensão (mg/L)
	9) Alcalinidade Total (mg/l de CaCO_3)
	10) Cloreto Total ⁽²⁾ ($\mu\text{g}/\text{L}$ de Cl)
	11) Transparência da Água ⁽³⁾
	12) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5d, 20°C , mg/L de O_2)
	13) Demanda Química de Oxigênio (mg/L de O_2)
	14) Carbono Orgânico Total ⁽²⁾ (mg/L como C)
Microbiológico	15) Coliforme Termotolerantes ⁽⁵⁾ (n° de CT/100 mL)
Biológico	16) Clorofila <i>a</i> ⁽³⁾ (mg/L)
	17) Fitoplâncton – qualitativo ⁽⁴⁾ , e
	18) Fitoplâncton – quantitativo ⁽³⁾ (n° células/mL)

Quadro 7 – Parâmetros indicadores de qualidade da água, segundo a RNQA. (conclusão)

Categoria	Parâmetro⁽¹⁾
Nutrientes	19) Fósforo Solúvel Reativo (mg/L de P)
	20) Fósforo Total (mg/L de P)
	21) Nitrato (µg/L de N)
	22) Nitrogênio Amoniacal (mg/L de N)
	23) Nitrogênio Total (mg/L de N)

(1) parâmetros mínimos para a avaliação de QA de águas doces, salobras ou salinas.

(2) parâmetro incluído, apenas, no monitoramento de águas salobras ou salinas.

(3) parâmetro incluído, apenas, no monitoramento de ambientes lênticos.

(4) parâmetro condicionado ao resultado de fitoplâncton quantitativo (Portaria MS 2914, de 2011, consolidada pela Portaria MS 888, de 2021).

(5) Coliforme Termotolerante pode ser substituído por Escherichia Coli, como indicador de contaminação por fezes de mamíferos.

Fonte: ANA (2013).

b) Interação Solo/Águas Superficiais

Concomitante à evolução da RHN, outros organismos foram se estruturando para dar respostas à sociedade, através da conexão entre ciências até então não percebidas como complementares na avaliação de fenômenos impactantes na vida da população.

Assim sendo, no sentido de colaborar com o serviço de saúde pública, no que diz respeito à identificação de concentrações anômalas de elementos e substâncias químicas nas águas e no solo, Viglio (2008) informa que “as consequências dos compostos venenosos à saúde humana e ao meio ambiente são facilmente percebidas por profissionais das áreas médicas e das disciplinas ligadas ao monitoramento da poluição do meio ambiente”.

O pesquisador esclarece ainda que determinar a relação entre a concentração de um composto químico no ambiente e o surgimento ou ampliação de casos de uma determinada doença não é algo trivial, sendo necessário o envolvimento de outros profissionais na análise correlacional, dos quais pode-se destacar aqueles ligados às Ciências Biomédicas, Sociais, Tecnológicas e das Geociências.

Medeiros Filho (2020) informa que a geoquímica do solo e da água, em áreas urbanas, pode ter suas características influenciadas por ações antrópicas, principalmente aquelas ligadas à emissão de poluentes por veículos automotores, produção industrial, disposição inadequada de lixo e esgoto, uso de fertilizantes e pesticidas na manutenção de áreas verdes. Como consequência, metais pesados e contaminantes orgânicos podem ser incorporados às águas e ao solo urbano.

De forma a explicar o avanço da pesquisa em geoquímica ambiental no Brasil, Viglio (2008) esclarece que desde 2003 uma força tarefa multi-institucional e interdisciplinar iniciou

o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica¹⁵ (PGAGEM).

A finalidade do Programa é fornecer informações ao sistema de saúde pública nacional, sobre a concentração de elementos e compostos essenciais e/ou prejudiciais à ingestão humana e/ou animal, na água, no solo e nos sedimentos de fundo de rios e lagos, para subsidiar planejamento de diagnóstico clínico e análise laboratorial na população, caso estes elementos ou compostos venham a ser detectados em quantidades nocivas ao ser humano (VIGLIO, 2008).

No contexto de fomento ao trabalho cooperativo interinstitucional, o PGAGEM apresenta as seguintes perspectivas:

- Planejamento de políticas localizadas de saúde pública em áreas onde forem identificados riscos de contaminação da população por elementos químicos;
- Planejamento de atividades, na área de estudos ambientais, do Ministério da Saúde, do Ministério do Meio Ambiente e de outros órgãos ambientais, estaduais e municipais, da Agência Nacional de Águas – ANA, e dos comitês de bacias hidrográficas;
- Identificação de focos superficiais de contaminação natural ou antropogênica em áreas urbanas ou rurais;
- Caracterização geoquímico-ambiental das zonas de recargas de aquíferos;
- Determinação da extensão da pluma de contaminação nas águas superficiais e subterrâneas, notadamente aquelas próximas a lixões e aterros;
- Elaboração de mapas de vulnerabilidade de solos e de águas subterrâneas e mapas de riscos;
- Geração de informações de geoquímica de solo para estudos pedológicos de fertilidade e uso agrícola e pastoril (Silva *et al.*, 2006, grifo nosso).

Os compostos e elementos químicos investigados pelo programa encontram-se expostos nos quadros a seguir.

Quadro 8 - Compostos químicos alvo de pesquisa do PGAGEM.

Composto	Símbolo	Composto	Símbolo
Óxido de silício	SiO ₂	Óxido de cálcio	CaO
Óxido de alumínio	Al ₂ O ₃	Óxido de Magnésio	MgO
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	Óxido de Manganês	MnO
Óxido de sódio	Na ₂ O	Pentóxido de fósforo	P ₂ O ₅
Óxido de potássio	K ₂ O	Dióxido de titânio	TiO ₂

Fonte: Víglio (2008).

¹⁵ A Geologia Médica é uma ciência interdisciplinar que estuda as variações regionais na distribuição dos elementos químicos, principalmente os metálicos e metaloides, seus comportamentos geológico-geoquímicos, as contaminações naturais e antropogênicas e os possíveis danos à saúde humana, animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências de tais elementos (SGB-CPRM, 2022c).

Quadro 9 - Elementos químicos alvo de pesquisa do PGAGEM.

Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Alumínio	Al	Cobre	Cu	Lítio	Li	Rubídio	Rb
Antimônio	Sb	Cromo	Cr	Magnésio	Mg	Sódio	Na
Bário	Ba	Escândio	Sc	Manganês	Mn	Titânio	Ti
Berílio	Be	Estanho	Sn	Molibdênio	Mo	Tungstênio	W
Bismuto	Bi	Estrôncio	Sr	Nióbio	Nb	Vanádio	V
Cádmio	Cd	Ferro	Fe	Níquel	Ni	Zinco	Zn
Cálcio	Ca	Fósforo	P	Ouro	Au	Zircônio	Zr
Chumbo	Pb	Ítrio	Y	Prata	Ag	Arsênio	As
Cobalto	Co	Lantânio	La	Potássio	K	-----	-----

Fonte: Víglio (2008).

É importante esclarecer os efeitos de cada composto do **Quadro 08** na saúde humana e no meio ambiente, para demonstrar a utilidade pública dos objetivos do PGAGEM quanto à investigação de substâncias potencialmente perigosas presentes, principalmente, nas águas e no solo. Então, a seguir faz-se um apanhado sobre cada componente do quadro citado.

- SiO_2 : Substância comum na crosta terrestre, mas que também pode ser oriunda de processos industriais. Em doses certas é essencial para o desenvolvimento de ossos, articulações e dentes, porém, uma deficiência, pode levar a osteoporose e artrite. Este composto em excesso no ambiente pode aumentar o risco de doenças autoimunes, esclerose sistêmica, artrite reumatoide, lúpus, complicações na derme, anemia hemolítica, além de vários tipos de câncer, tais como de pulmão, estômago, fígado, esôfago, pâncreas, intestino, ósseo, faríngeo, pele, cérebro e rim (INCA, 2022).
- Al_2O_3 : Composto essencial para a obtenção do alumínio metálico puro. É considerado perigoso, bastante prejudicial na forma de pó, podendo causar irritação na pele, olhos e trato respiratório (E-CYCLE, 2022).
- Fe_2O_3 : Substância proveniente de vários processos industriais. É considerada perigosa, com efeitos potenciais nocivos por inalação, contato com a pele e olhos, sendo que a exposição crônica pode resultar no aparecimento de manchas no pulmão (FIOCRUZ, 2003).
- Na_2O : Composto bastante utilizado na indústria cerâmica e de vidro. Não é comum no ambiente e reage violentamente com ácidos e água. É considerado corrosivo para o trato respiratório e intestinal, podendo causar queimaduras na pele e nos olhos, no caso de contato direto (MAESTROVIRTUALE, 2022a).
- K_2O : É uma substância altamente reativa e raramente encontrada. Quando presente no ambiente é oriunda de contaminação. Faz parte da produção de cimento e fertilizantes.

É corrosiva para os olhos, pele e trato respiratório, podendo causar edema pulmonar (MAESTROVIRTUALE, 2022b).

- CaO: Produto comum em vários processos industriais, como na fabricação de refratários, aço, papel, vidro e cimento, além de ser usado no tratamento de água e na indústria petrolífera. Quando presente no ambiente em excesso pode causar toxicidade aos organismos aquáticos, além de irritação no nariz e garganta do ser humano, com possibilidade de queimadura na pele, olhos e trato intestinal (CETESB, 2014).
- MgO: Substância de uso comum na suplementação alimentar de animais, no desenvolvimento de lavouras, na indústria farmacêutica, bem como na produção de vidro, borracha e papel. É um composto obtido através da calcinação do carbonato de magnésio, logo, não é comum encontra-lo no ambiente. Se estiver presente em concentrações elevadas, é oriundo de contaminação. Não há efeitos severos aos ecossistemas e ao ser humano, porém, recomenda-se cuidado ao manuseá-lo (SULATLÂNTICA, 2013; BRASILMINAS, 2021).
- MnO: É um produto sintetizado para as indústrias de tinta, vidro, pilha e bateria, com uso também na manufatura de ligas metálicas. Por estar presente em pilhas e baterias, sua presença no ambiente indica contaminação que pode ter como fonte depósitos de lixo. Neste caso há graves riscos para a integridade dos ecossistemas naturais, como também para a saúde humana (SAMPAIO *et al.*, 2008; MOTA, 2012).
- P₂O₅: Composto utilizado principalmente como reagente químico para análises laboratoriais. É classificado como perigoso para o meio ambiente. Reage violentamente com a água, podendo causar queimadura severa à pele e dano aos olhos (MERCK, 2017).
- TiO₂: É naturalmente encontrado na crosta terrestre. Sua utilização se dá como pigmento e corante nas indústrias alimentícia, têxtil e cosmética. Porém, estudos recentes apontam possíveis efeitos tóxicos e deletérios nas células humanas. “Pesquisas internacionais reportaram danos no organismo de animais após uma determinada exposição ao produto” (POCHTECA BRASIL, 2021).

Com relação aos elementos do **Quadro 09**, pode-se afirmar o seguinte:

- Ca, Na, K, Mg, Fe, Cu, Co, Zn, Mn, Cr, Mo e Ni, são extremamente importantes para muitas das funções vitais do organismo humano, sendo as fontes mais comuns desses elementos o leite e seus derivados, carnes brancas e vermelhas, peixes, ovos, frutos do

mar, frutas e cereais, além de grãos e verduras diversas. Por outro lado, a ausência no corpo humano pode provocar sérias doenças, tais como: anemia, por deficiência de ferro; retardamento do crescimento de crianças, por falta de zinco; e má formação óssea em crianças, por falta de cálcio (CRQ4, 2006).

- As, Pb, Hg e Cd, são tóxicos tanto para o ser humano, quanto para os ecossistemas naturais. O Hg “pode causar danos neurológicos e respiratórios, disfunções renais e gastrointestinais, distúrbios visuais, perda de audição, tremores musculares, paralisia cerebral e até a morte”. O Cd pode causar intoxicação aguda ao corpo humano [...] distúrbios gastrointestinais e paralisia renal. O Pb tem efeito cumulativo no organismo e pode ser responsável por anemias, disfunções neurológicas e renais. O As é um dos elementos tóxicos mais conhecidos e quando ocorre a exposição crônica a ele, pode haver danos severos à pele, às membranas mucosas, ao sistema nervoso, à medula óssea, ao fígado e ao coração (CRQ4, 2006; Silva *et al.*, 2006; VÍGLIO, 2008).
- Al: Aparentemente o alumínio não tem uma função essencial no organismo, sendo que estudos mostram a eliminação de excesso deste elemento ingerido por animais. Porém, doentes renais crônicos têm dificuldade em excretar o alumínio absorvido, o que pode agravar mais os efeitos da doença (EAA, 2011).
- Ba: Não é apontado como nutriente para o organismo humano, sendo considerado nocivo, na forma de íon, com possibilidade de causar danos aos órgãos internos, incluindo a elevação da pressão sanguínea (VÍGLIO, 2008).
- P: Constituinte dos ossos e dentes na forma de fosfato de cálcio. Constitui-se em um dos principais macro-nutrientes nos processos biológicos, pois é exigido em grandes quantidades pelas células. Quando em excesso no ambiente contribui para a eutrofização dos corpos d’água, trazendo como consequência a morte de peixes e outros organismos aquáticos (SILVA *et al.*, 2006; CETESB, 2016b).
- Sr: Tem função no metabolismo humano semelhante à do Ca, porém algumas variantes deste elemento podem favorecer o desenvolvimento de células cancerígenas (VÍGLIO, 2008).
- Li: Não há evidências do desempenho favorável do Lítio na fisiologia humana. Contudo, o carbonato de lítio é a base de alguns remédios para o tratamento de pacientes depressivos. Na composição com outros elementos, pode ser tóxico, carcinogênico ou teratogênico (VÍGLIO, 2008).

- V: É utilizado na confecção de ligas de aço, em reatores nucleares e como óxido de um pigmento de cerâmica e vidro. A exposição crônica a ele pode resultar em rinite, faringite, bronquite, tosse crônica, respiração ofegante, falta de ar e fadiga. Sua atuação no organismo humano “está relacionada à regulação de enzimas envolvidas no equilíbrio do sódio-potássio no sistema nervoso” (SILVA *et al.*, 2006; CETESB, 2017a).
- Sn: Não é elemento essencial ao metabolismo dos seres vivos. É utilizado na indústria alimentícia, na produção de enlatados. “O principal efeito adverso de níveis excessivos de estanho em bebidas e alimentos enlatados é irritação gástrica aguda” (CETESB, 2020a).
- Be: É um metal duro utilizado na fabricação de eletroeletrônicos, materiais de construção e moldes plásticos. É improvável que os componentes destes produtos possam causar riscos à saúde humana. Contudo, a exposição a altos teores de Berílio em pó podem causar danos pulmonares e inflamações neste órgão (CETESB, 2020b).
- Sb: É encontrado naturalmente no solo. A exposição à poeira de antimônio é responsável por inflamação dos pulmões, bronquite e enfisema. Já os sais solúveis, após ingresso oral, podem causar irritação na mucosa gástrica, diarreia e problemas cardíacos (CETESB, 2017b).
- Bi: Segundo alguns estudiosos, é um dos elementos mais nobres da Tabela Periódica, porque é muito pouco tóxico. Tem ampla utilização na medicina, além das indústrias de cosmético e de medicamentos. Por ser praticamente inofensivo, no ambiente traz pouco perigo à integridade dos ecossistemas (RBERLINCK, 2010).
- Sc: Trata-se de um metal raro na crosta terrestre. Não há evidências de seu papel no organismo dos seres vivos, porém sabe-se que alguns compostos com este elemento exercem efeitos antibacterianos, possivelmente interferindo no metabolismo das bactérias. Sua presença no ambiente é quase imperceptível (MAESTROVIRTUALE, 2022c).
- Y: Constitui-se em um metal não encontrado na natureza no estado elementar. O maior produtor mundial é a China. É usado em medicina nuclear, na metalurgia, em telas de televisão LED e lâmpadas fluorescentes. Por ser raro no ambiente, sua presença pode indicar contaminação proveniente de depósitos de lixo. Não há dados sobre a sua atuação no organismo humano e de animais (ISE, [2022? a]; HOLZLE, 2022).

- La: Ocorre naturalmente apenas em compostos químicos associados a outros elementos. É utilizado na produção de vidro de alta qualidade, em baterias, na confecção de lâmpadas, em ligas usadas em ferramentas e aparelhos cirúrgicos, além de lentes de óculos. Por ser raro no ambiente, sua presença pode indicar contaminação proveniente de depósitos de lixo. É considerado de baixa toxicidade, porém, o pó de lantânio é tido como altamente corrosivo, logo, perigoso para os seres vivos (ISE, [2022?b]).
- Nb: Este metal raro é um componente fundamental dos aços de alta resistência, usados na fabricação de automóveis, aviões, foguetes, na construção civil e na indústria naval. Pesquisas recentes mostram a versatilidade do Nióbio nos campos médico e farmacêutico, onde já estão sendo produzidos medicamentos de combate ao câncer, para tratamento de feridas, além de componentes para enxerto ósseo. Pesquisadores da UFMG asseguram que o nióbio não tem efeito tóxico (ARAÚJO, 2019).
- Au: Na atualidade tem emprego na produção de circuitos eletrônicos em telefones celulares, computadores e equipamentos espaciais. Devido ao seu alto valor de mercado, tem ampla exploração no mundo, logo, não está disponível facilmente no ambiente. Quando da presença em meio urbano, invariavelmente é fruto de contaminação oriunda de resíduos eletrônicos. Não há evidências de efeitos tóxicos, bem como função no metabolismo humano (G1, 2012; MAESTROVIRTUALE, 2022d).
- Ag: Metal que pode ser encontrado no estado elementar na natureza. Seu principal emprego na atualidade é na composição de eletroeletrônicos. Não é um elemento essencial à vida, porém, é um poderoso agente bactericida. Consoante ao ouro, sua presença no ambiente está relacionada à contaminação por resíduos eletrônicos (CRQ4, 2019).
- Rb: Trata-se de um metal relativamente raro, caro e muito reativo. É considerado perigoso pelo fato de ser explosivo em certas reações químicas. Tem emprego na medicina como fonte de radiação nuclear, bem como na confecção de fogos de artifício e baterias (MANUAL DA QUÍMICA, 2022).
- Ti: É um metal multiuso na indústria por sua leveza e resistência. Não é rejeitado pelo corpo humano, assim é usado em articulações de quadril, pinos para fixar ossos e outros implantes biológicos. O titânio não tem qualquer papel biológico conhecido e não é considerado tóxico (CRQ4, 2022a).

- W: O tungstênio é encontrado na natureza apenas combinado com outros elementos. É um metal pesado cujas ligas têm numerosos empregos, tais como: filamentos de lâmpadas incandescentes, tubos de raios X, superligas metálicas e na indústria aeroespacial. Sabe-se que faz parte do metabolismo de algumas bactérias, porém, é considerado tóxico para a vida animal. Sua presença no ambiente geralmente está associada à contaminação por resíduos eletrônicos e/ou industriais (IDM Brasil, 2019).
- Zr: É um metal cuja ocorrência na crosta terrestre se dá normalmente associado a outros elementos. Possui extrema resistência em ambientes agressivos, por isso é amplamente utilizado em tubulações na indústria química e usinas nucleares. Também tem emprego na indústria eletrônica em forma de filamentos e placas. Faz parte da fabricação de materiais cerâmicos e vidros especiais. Os sais de zircônio são irritantes para os olhos e a garganta, contudo não há comprovação de que seja cancerígeno. Como todo metal raro, sua presença no ambiente pode estar associada à contaminação por resíduos eletrônicos (CRQ4, 2022b; MAESTROVIRTUALE, 2022e).

Na gênese do PGAGEM, em 2003, os idealizadores do programa utilizaram as informações da Agência Ambiental Americana (EPA) e da Organização Mundial de Saúde (OMS), na definição dos valores máximos permitidos no ambiente para os elementos e compostos anteriormente descritos.

Após 2003, esforços foram feitos no sentido de definir padrões de qualidade dos elementos ambientais no Brasil. Destaca-se, no ano seguinte, a criação da Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, a qual estabelece a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2004). Após algumas atualizações, esta norma foi consolidada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, “para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2021).

Com relação à microbiologia, a referida norma apresenta os padrões bacteriológicos definidos no **Quadro 10** (BRASIL, 2021, p. 16).

Quadro 10 - Padrão de qualidade microbiológico segundo o Ministério da Saúde.

Formas de abastecimento		Parâmetro		VMP (1)
SAI		<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100ml
SAA	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)		Ausência em 100ml
SAC				
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100ml
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo.
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).

Fonte: BRASIL (2021).

Relativamente às substâncias químicas que representam risco à saúde, os padrões de potabilidade da água requerem valores máximos permitidos para 14 parâmetros inorgânicos, 16 orgânicos, 54 agrotóxicos e metabólicos, 10 subprodutos da desinfecção, 03 cianotoxinas e 17 organolépticos de potabilidade (BRASIL, 2021, p. 24-26).

A lista de parâmetros inorgânicos é composta por: Sb (Antimônio), As (Arsênio), Ba (Bário), Cd (Cádmio), Ni (Níquel), Pb (Chumbo), Cu (Cobre), Cr (Cromo), F⁻¹ (Fluoreto), Hg (Mercúrio), NO₃ (Nitrato), NO₂ (Nitrito), Se (Selênio) e U (Urânio). Destes, mais de 70% fazem parte também da relação daqueles pesquisados pelo PGAGEM (VIGLIO, 2008).

Em outra vertente, O Conselho Nacional de Meio Ambiente, com o intuito de atender ao disposto no art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433/1997, instituiu valores máximos permitidos para elementos e compostos químicos presentes nas águas superficiais, com o propósito de enquadrar os corpos hídricos segundo seus usos preponderantes. Assim foi concebida a Resolução CONAMA nº 357, em 17 de março de 2005, a qual divide as águas como doces, salobras e salinas, a partir do percentual de salinidade. Com relação às águas doces, cuja salinidade não deve superar 0,5 ‰, têm-se a divisão em cinco classes (CONAMA, 2005, p. 05-06, grifo nosso).

I - Classe Especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em UCs de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Na Resolução CONAMA em destaque, o Art. 13º esclarece o seguinte: “Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água”. Isso implica em dizer que nas UCs em meio urbano os mananciais utilizados para abastecimento da população precisam ser protegidos de tal forma que as influências do uso e ocupação do solo sejam neutralizadas, em prol da preservação da qualidade das águas. Desta forma os princípios das normas que versam sobre qualidade da água para consumo humano e enquadramento dos corpos hídricos devem ser atendidos, para que os objetivos de ambas sejam contemplados.

Na análise conjunta da Portaria n. ° 888 (MS)/2021 e da Resolução CONAMA 357/2005, observa-se que os valores máximos permitidos (VMP), para cada elemento e composto químico, na maioria dos casos, são os mesmos. Porém, Víglio (2008) esclarece que quando não houver valor regulamentado, deve ser usado o aconselhado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Na lista de parâmetros de qualidade das águas doces Classe 1, quando não há pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo, a citada Resolução prevê valores máximos para 33 substâncias inorgânicas e 54 orgânicas (CONAMA, 2005, p. 10-13).

Na busca de integrar o PGAGEM ao regramento brasileiro que trata da qualidade da água para consumo humano e enquadramento dos corpos d'água, os idealizadores do programa definiram um conjunto de parâmetros a serem investigados, cujos VMPs são balizados pelos limites estabelecidos nas normas supracitadas. Neste sentido Víglio (2008) apresenta um grupo de elementos e compostos químicos pesquisados, cujo conhecimento dos teores nas águas de superfície forneceu subsídios importantes para consolidar os objetivos de seu trabalho sobre a geoquímica da Folha Belém (**Quadro 11**).

Ressalta-se que a Folha Belém é a área referente à cartografia geológica com código SA.22-X-D, a qual compreende parte da RMB (VÍGLIO, 2008; SGB-CPRM, 2022e).

Quadro 11 - Parâmetros de qualidade das águas de superfície medidos pelo PGAGEM na Folha Belém.

Elemento	VMP em Água Doce Classe I - Resolução CONAMA 357	Elemento	VMP em Água Doce Classe I - Resolução CONAMA 357	Elemento	VMP em Água Doce Classe I - Resolução CONAMA 357	Elemento	VMP em Água Doce Classe I - Resolução CONAMA 357
Al	0,1 mg/L	Cu	0,009 mg/L	Pb	0,01 mg/L	PO ₄	0,1 mg/L
As	0,01 mg/L	Fe	0,3 mg/L	Se	0,01 mg/L	SO ₄	250 mg/L
B	0,5 mg/L	K	12 mg/L **	Sr	1 mg/L **	O ₂	6,0 mg/L
Ba	0,7 mg/L	Li	2,5 mg/L	Ti	***	CE	-----
Be	0,04 mg/L	Mg	1 a 40 mg/L **	V	0,1 mg/L	Sal.	-----
Ca	10 a 100 mg/L **	Mn	0,1 mg/L	Zn	0,18 mg/L	T	-----
Cd	0,001 mg/L	Mo	0,07 mg/L **	Br	0,025 mg/L *	pH	6,0 a 9,0
Co	0,05 mg/L	Na	200 mg/L *	Cl	250 mg/L	-----	-----
Cr	0,05 mg/L	Ni	0,025 mg/L	F	1,4 mg/L	-----	-----

Nota: (1) CE – Condutividade Elétrica; Sal. – Salinidade; T – Temperatura; VMP – Valor Máximo Permitido.

(2) PO₄ – Fosfato; SO₄ – Sulfato.

(3) * Portaria nº 518 MS/2004, consolidada pela Portaria nº 888 MS/2021. **Organização Mundial de Saúde (1993).

(4) *** Não foram encontrados valores máximos permitidos para o Ti.

Fonte: Víglio (2008).

Neste ponto é oportuno abordar novamente a RNQA, pois o monitoramento da qualidade da água tem, dentre seus objetivos, o propósito da vigilância e conformidade, onde se destacam a observação para consumo humano e para o “atendimento dos requisitos legais presentes nos marcos regulatórios (Portaria nº 518 MS/2004, consolidada pela Portaria nº 888 MS/2021, e Resolução nº 357/2005 do CONAMA)” (ANA, [2022?g]).

Segundo Colaço (2022), as atividades antrópicas industriais e despejo de resíduos diversos no ambiente, aumentam a concentração de substâncias nocivas à saúde no solo, as quais, através da lixiviação e infiltração, vão contaminar os mananciais superficiais e

subterrâneos, com destaque para os metais oriundos de processos produtivos em larga escala e lixões a céu aberto.

Neste contexto, Silva *et al.* (2006) apresentam o estado da arte sobre os levantamentos geoquímicos dos solos brasileiros, além de sugestões com o objetivo de “incrementar trabalhos que visem ao estabelecimento de valores de referência para metais-traço (normalmente detectados em ínfimas concentrações no ambiente - mg/kg ou mg/L), importantes para a saúde humana”.

Como referência, o PGAGEM sugere a pesquisa de teores para os seguintes elementos químicos: Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. Adicionalmente, o citado programa apresenta valores utilizados na pesquisa geoquímica de solos em países europeus (**Tabela 02**).

Tabela 2 - Valor limite de concentração de metais pesados (mg/kg) em solos de países europeus.

Origem/fonte	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
EU Directive 86/2781	1 – 3	-----	50 – 140	1 – 1,5	30 – 75	50 - 300	150 - 300
França	2	150	100	1	50	100	300
Alemanha	1,5	100	60	1	50	100	200
Itália	1,5	-----	100	1	75	100	300
Holanda	0,8	100	36	0,3	35	85	140
Suécia	0,4	60	40	0,3	30	40	100 - 150

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2006).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre “critérios e valores orientadores de qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas, e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas” (Artigo 1º) (CONAMA, 2009).

A citada norma preconiza que “A avaliação da qualidade de solo, quanto à presença de substâncias químicas, deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQ), de Prevenção (VP) e de Investigação (VI)” (Artigo 7º), sendo que:

- VRQ: “é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos”;
- VP: “é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais”;
- VI: “é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado” (CONAMA, 2009).

Ressalta-se que os VQRs, de acordo com a aludida Resolução, devem ser definidos pelos órgãos ambientais dos Estados. Porém, no Portal da SEMAS-PA, não foram encontradas informações sobre tal assunto.

Neste sentido, Silva *et al.* (2006) informam que a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com base nas metodologias europeias, definiu, em 2001, de forma pioneira, valores de referência de qualidade de solo com base em amostragens específicas. Assim, a partir de 13 tipos diferentes de solos de São Paulo, coletados em profundidades de 0-20 cm e 80-100 cm, foram estabelecidos VQRs para Al, Sb, As, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, MN, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V e Zn.

Os autores destacam ainda que a análise geoquímica do solo representa uma ferramenta importante na identificação de regiões com alta ou baixa concentração de determinados elementos químicos no solo, sobretudo os chamados elementos-traço, que são aqueles geralmente encontrados em pequenas concentrações no ambiente (mg/kg ou mg/L), com ganho para a orientação de pesquisas sobre a ocorrência de distúrbios nutricionais de animais e plantas, como também para estudos investigativos sobre problemas para a saúde humana e problemas ambientais.

Silva *et al.* (2006) frisam que “Se não há o conhecimento de qual é o nível considerado “natural” de um determinado elemento no solo, como saber se ele foi, antropicamente, contaminado ou se ele possui um déficit considerável que pode afetar a nutrição dos seres vivos?”.

Apesar deste questionamento, Zuliani *et al.* (2017) apresentam uma tabela com valores de referência de qualidade para elementos-traço em solos, confeccionada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) (**Tabela 03**).

Tabela 3 - Valores de referência para elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais.

Referência (mg/kg)	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
Valor de referência de qualidade	< 0,4	49	75	-----	21,5	19,5	46,5
Valor de prevenção	1,3	60	75	-----	30	72	300
Valor de intervenção agrícola	3	200	150	-----	70	180	450
Valor de intervenção residencial	8	400	300	-----	100	300	1000
Valor de intervenção industrial	20	600	400	-----	130	900	2000

Fonte: Zuliani *et al.* (2017).

Os autores chamam a atenção para o fato de que muitos elementos químicos são tóxicos; mas, em condições naturais, não chegariam à água ou mesmo ao solo em concentrações capazes de causar dano ao ser humano. Contudo, o uso indiscriminado pela

indústria pode dispersá-los no ambiente e enriquecê-lo artificialmente, vindo a causar doenças às comunidades próximas às zonas industrializadas.

c) Interação Solo/Águas Subterrâneas

Segundo a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), as águas subterrâneas são de domínio dos Estados (Artigo 26). Assim, de forma a contribuir com os entes federados na proteção do meio ambiente e combate à poluição (Artigo 23), bem como na conservação da natureza, defesa do solo, subsolo e dos recursos naturais (Artigo 24), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos instituiu a Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001, que traça as diretrizes sobre o enquadramento das águas subterrâneas e preconiza que “Os Sistemas de Informações de Recursos Hídricos no âmbito federal, estadual e do Distrito Federal deverão conter, organizar e disponibilizar os dados e informações necessários ao gerenciamento integrado das águas” (Artigo 3º, Inciso V) (CNRH, 2001).

Adicionalmente, a citada Resolução estabelece que:

Art. 7º O SINGREH e os Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal deverão fomentar estudos para o desenvolvimento dos usos racionais e práticas de conservação dos recursos hídricos subterrâneos, assim como a proposição de normas para a fiscalização e controle desses recursos.

Art. 8º As interferências nas águas subterrâneas identificadas na implementação de projetos ou atividades deverão estar embasadas em estudos hidrogeológicos necessários para a avaliação de possíveis impactos ambientais (CNRH, 2001, grifo nosso).

De forma complementar, o Conselho Nacional de Meio Ambiente instituiu a Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas no território nacional (CONAMA, 2008).

Esta Resolução apresenta, em seu Anexo I, uma “lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, e seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados preponderantes”.

Como descrito anteriormente, os projetos Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS) e Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) apresentam, em sua estrutura de levantamento de dados ambientais, uma relação de parâmetros que indicam o nível de preservação da qualidade das águas, cuja aceitação pelos órgãos gestores está materializada pelas Moções nº 38 e 39 do CNRH, de 07 de dezembro de 2006, que recomendam a adoção do SIAGAS como base para armazenagem, manuseio,

intercâmbio e difusão de informações sobre águas subterrâneas e sua integração com outros sistemas que objetivem a gestão ambiental compartilhada (SGB-CPRM, 2021b, 2021e).

De acordo com as citadas Moções do CNRH, bem como com as diretrizes e princípios do SIAGAS e da RIMAS, verifica-se que ambos os sistemas têm como balizadores a Lei Federal nº 9433/1997, as Resoluções CNRH nº 15/2001 e nº 22/2002, além da Resolução CONAMA nº 396/2008, que estabelecem critérios políticos, técnicos e científicos para que estes sistemas possam trazer à sociedade informações que permitam identificar os impactos às águas subterrâneas pela exploração exacerbada das mesmas, pela infraestrutura precária de saneamento básico e pela ocupação irregular do solo, além de possibilitarem estimar, com a maior precisão possível, as reservas hídricas subterrâneas do território nacional, tudo em busca de subsidiar o desenvolvimento sustentável das cinco regiões brasileiras (BRASIL, 2009b).

Com base no exposto apresenta-se o **Quadro 12**, que mostra a relação dos parâmetros investigados pela RIMAS, obtidos a partir de consulta aos 35 poços monitorados no estado do Pará. Ressalta-se que os VPMs correspondentes estão contidos nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008.

É necessário destacar que a Resolução CONAMA 396/2008 preconiza a investigação dos parâmetros biológicos do **Quadro 13** nas águas subterrâneas, os quais ainda não fazem parte da relação daqueles examinados pela RIMAS.

Quadro 12 - Parâmetros de qualidade das águas subterrâneas investigados pela RIMAS. (continua)

Parâmetros	VMP em Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA 396	Local de análise	Parâmetros	VMP em Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA 396	Local de análise
CE	-----	<i>In loco</i>	Sulfato (SO ₄)	250 mg/L	Lab.
T	-----	<i>In loco</i>	*Oxigênio Dissolvido	6,0 mg/L O ₂	<i>In loco</i>
*Turbidez	Até 40 UNT	<i>In loco</i>	Alcalinidade total	-----	Lab.
*pH	6,0 a 9,0	<i>In loco</i>	Dureza total	-----	Lab.
Sódio (Na)	200,0 mg/L	Lab.	Ferro total (Fe)	0,3 mg/L	Lab.
Alumínio (Al)	0,2 mg/L	Lab.	Merúrio (Hg)	0,001 mg/L	Lab.
Arsênio (As)	0,01 mg/L	Lab.	Potássio (K)	-----	Lab.
Berílio (Be)	0,004 mg/L	Lab.	Magnésio (Mg)	-----	Lab.
Boro (B)	0,5 mg/L	Lab.	Manganês (Mn)	0,1 mg/L	Lab.
Brometo (Br)	-----	Lab.	Sódio (Na)	200,0 mg/L	Lab.
Cálcio (Ca)	-----	Lab.	Níquel (Ni)	0,02 mg/L	Lab.
Cadmio (Cd)	0,005 mg/L	Lab.	Chumbo (Pb)	0,01 mg/L	Lab.
Cianeto (CN)	0,07 mg/L	Lab.	Urânio (U)	0,015 mg/L	Lab.
Molibdênio (Mo)	0,07 mg/L	Lab.	Prata (Ag)	0,1 mg/L	Lab.
Antimônio (Sb)	0,005 mg/L	Lab.	Silício (Si)	-----	Lab.

Quadro 12 - Parâmetros de qualidade das águas subterrâneas investigados pela RIMAS. (conclusão)

Parâmetros	VMP em Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA 396	Local de análise	Parâmetros	VMP em Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA 396	Local de análise
Zinco (Zn)	5,0 mg/L	Lab.	Cobalto (Co)	-----	Lab.
Cromio (Cr)	0,05 mg/L	Lab.	Estanho (Sn)	-----	Lab.
Selênio (Se)	0,01 mg/L	Lab.	Estrôncio (Sr)	-----	Lab.
Bário (Ba)	0,7 mg/L	Lab.	Lítio (Li)	-----	Lab.
Cobre (Cu)	2,0 mg/L	Lab.	Titânio (Ti)	-----	Lab.
Bicarbonato (HCO ₃)	-----	Lab.	Vanádio (V)	0,05 mg/L	Lab.
Carbonato (CO ₃)	-----	Lab.	*Nitrogênio Amoniacal (Análise Lab.)	3,7mg/L: pH ≤ 7,5	
Cloreto (Cl)	250 mg/L Cl	Lab.		2,0 mg/L: 7,5 < pH ≤ 8,0	
Fluoreto (F)	1,5 mg/L F	Lab.		1,0 mg/L: 8,0 < pH ≤ 8,5	
Nitrato (NO ₃)	10,0 mg/L N	Lab.		0,5 mg/L: pH > 8,5	
Nitrito (NO ₂)	1,0 mg/L N	Lab.	STD	1000 mg/L	Lab.
Fosfato (PO ₄)	-----	Lab.	*DBO (Análise Lab.)	5 dias a 20°C até 3 mg/L O ₂	

Nota: (1) CE – Condutividade Elétrica; T – Temperatura; VMP – Valor Máximo Permitido; Lab. - Laboratório.

(2) STD – Sólidos Totais Dissolvidos; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

(3) *Compilado de Resolução CONAMA nº 357/2005 (Águas Doce – Classe 1).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações dos poços da RIMAS no Pará (SGB – CPRM, 2022d).

Quadro 13 - Parâmetros biológicos previstos na Resolução CONAMA 396/2008.

Microrganismos	VMP Consumo Humano	VMP Recreação
<i>Escherichia Coli</i>	Ausentes em 100ml	800/100mL
<i>Enterococos</i>	-----	100/100mL
Coliformes Termotolerantes	Ausentes em 100ml	1000/100mL

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de CONAMA (2008).

De acordo com a Companhia Ambiental de São Paulo, as atividades antropogênicas geram cargas poluidoras difusas que podem influenciar na qualidade do solo e, por conseguinte, das águas superficiais e subterrâneas. Deste modo, “Para a manutenção da multifuncionalidade do solo deve-se considerar a proteção da biota do solo (receptores ecológicos), a proteção da água subterrânea (importante recurso hídrico) e a proteção à saúde humana (considerando-se a Avaliação de Risco à Saúde Humana da CETESB)” (CETESB, 2022L).

Com base na Resolução CONAMA 420/2009, bem como em referências bibliográficas internas, assim como em pesquisas internacionais, a Companhia Ambiental de São Paulo lançou em 2021 a Decisão de Diretoria n.º 125/2021/E, de 09 de dezembro de 2021, a qual “Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea”. Neste compêndio estão descritos VRQ, VP e VI para 17 compostos inorgânicos, 05 hidrocarbonetos aromáticos voláteis, 11 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, 11 benzeno clorados, 03 etanos clorados, 06 etenos clorados, 03 metanos

clorados, 08 fenóis clorados, 03 fenóis não clorados, 04 ésteres ftálicos, 11 pesticidas, além de 04 compostos identificados como outros (CETESB, 2021, p. 2-4).

De acordo com o exposto anteriormente, não foi encontrado no Portal da SEMAS-PA VQR para os solos paraenses. Assim sendo, e com a proposta de preencher esta lacuna, apresenta-se a tabela a seguir, a qual sugere padrões compilados de CONAMA (2009) e CETESB (2021).

Tabela 4 - Proposta de valores de referência para elementos-traço em solos e águas subterrâneas no Pará (01).

Referência (mg/kg)	Al	As	Ba	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	
Solo	VRQ	----	3,5**	75**	----	<0,5**	13**	40**	35**	----
	VP	----	15*	150*	----	1,3*	25*	75*	60*	----
	VIA	----	35*	300*	----	3*	35*	150*	200*	----
	VIR	----	55*	500*	----	8*	65*	300*	400*	----
	VII	----	150*	750*	----	20*	90*	400*	600*	----
VI águas subterrâneas (mg/L)	3,5*	0,01*	0,7*	0,5*	0,005*	0,07*	0,05*	2*	2,5*	

Tabela 4 – Proposta de valores de referência para elementos-traço em solos e águas subterrâneas no Pará (02).

Referência (mg/kg)	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn	
Solo	VRQ	0,05**	----	<4**	13**	17**	<0,5**	0,25**	60**
	VP	0,5*	----	30*	30*	72*	2*	5*	300*
	VIA	12*	----	50*	70*	180*	5*	24**	450*
	VIR	36*	----	100*	100*	300*	10*	81**	1000*
	VII	70*	----	120*	130*	900*	25*	640**	2000*
VI águas subterrâneas (mg/L)	0,001*	0,4*	0,07*	0,02*	0,01*	0,005*	0,01*	1,05*	

VRQ – Valor de referência de qualidade / VP – Valor de prevenção / VIA - Valor de investigação agrícola / VIR - Valor de investigação residencial / VII - Valor de investigação industrial.

*compilado de CONAMA (2009) / **compilado de CETESB (2021).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que esta medida representa uma proposta de contribuir com o acompanhamento da qualidade ambiental no estado do Pará, sendo que, neste trabalho, a mesma tem a finalidade de apontar valores máximos permitidos de substâncias e elementos químicos no solo e nas águas subterrâneas, visando a concepção do SISPEUt, pois, segundo Colaço (2022), a contaminação do solo representa um grande perigo à integridade dos outros elementos do meio físico, portanto, constitui-se em situação prejudicial à saúde do coletivo urbano, que está intimamente associada à boa qualidade ambiental, sobretudo em áreas densamente povoadas, tal qual o caso da RMB.

6.4 Tratamento dos dados

Nesta etapa da pesquisa foram utilizados os princípios do método hipotético-dedutivo, que pode ser explicado através de três pontos estruturantes: 1. Formulação da hipótese; 2. Dedução das consequências preditivas – depois de formuladas as hipóteses deduzem-se as consequências das mesmas; 3. Experimentação – a hipótese é testada, sendo que os resultados da experiência podem confirmá-la ou refutá-la (NUGEM, 2015; CONCEIÇÃO *et al.*, 2021).

As hipóteses formuladas para justificar os objetivos desta pesquisa foram as seguintes:

1º A forma como se deu o adensamento urbano em Belém e região metropolitana foi preponderante para a consolidação da pressão territorial e das ameaças que atualmente colocam em risco os objetivos definidos para o PEUt.

2º A política de saneamento básico adotada na RMB consolidou o atual cenário de degradação da qualidade dos componentes ambientais do Parque.

3º O passivo ambiental do extinto lixão do Aurá pode estar comprometendo a qualidade das águas do chamado “celeiro das águas” de Belém.

4º O PEUt necessita de um sistema de monitoramento para acompanhar a evolução da qualidade dos seus elementos ambientais, e precisa difundi-las à sociedade para subsidiar com informações ambientais sistemáticas gestores, cientistas, pesquisadores e políticos, cuja atuação sinérgica pode trazer benefícios à sociedade da RMB e ao próprio Parque Estadual do Utinga.

Colocando em prática o roteiro metodológico proposto, apresenta-se o seguinte:

I - No que diz respeito à primeira hipótese, as informações levantadas neste trabalho esclarecem que o adensamento populacional desordenado nas grandes regiões urbanas do Brasil trouxe, e ainda vem trazendo, problemas de ordem socioeconômica e ambiental, onde a pressão e ameaças às áreas protegidas têm se mostrado uma realidade preocupante. Na RMB não é diferente, pois muito se abordou nesta pesquisa a questão do adensamento populacional exacerbado, o uso e ocupação do solo em desacordo com as leis e normas que disciplinam a proteção das UCs, bem como as ameaças advindas da associação desses fatores com as características fisiográficas e hidrometeorológicas da RMB.

Respaldando tais afirmações, Benini (2017) traça inter-relações entre o morador das cidades, a ocupação do solo de forma inconsequente e a degradação ambiental urbana. Em outra vertente, Mendes (2018) destaca que em Belém as formas de ocupação da primeira légua patrimonial propiciaram a segregação social, levando as famílias mais pobres a ocuparem a segunda légua patrimonial, a partir dos eixos de expansão da Avenida Augusto

Montenegro e da BR 316, com a construção de invasões, muitas delas no entorno e no interior das Unidades de Conservação PEUt e APA Belém.

Os registros fotográficos feitos em 08/10/2022, em especial aqueles apresentados nas **Figuras 01 e 02**, mostram quão próximos das cabeceiras dos lagos Bolonha e Água Preta estão localizados conjuntos habitacionais e residências unifamiliares, os quais colocam em risco os objetivos do Parque expressos em PARÁ (2013b).

Por outro lado, Santana Júnior (2018) esclarece que a Avenida João Paulo II, componente do sistema viário da RMB, oferece riscos aos mananciais Bolonha e Água Preta, em função da possibilidade das águas pluviométricas, que escoam desta Avenida, carregarem produtos potencialmente perigosos para o interior do PEUt, condição esta que é facilitada devido ao caminhar das drenagens naturais em direção à UC.

Adicionalmente, Araújo Júnior (2015) e Castro *et al.* (2020) informam que o abastecimento de Belém, com água proveniente do Utinga, necessita de aporte do Rio Guamá, atualmente na ordem de $3,20 \text{ m}^3/\text{s}$ (ANA, 2016, 2018b). A captação se dá próximo à foz deste curso d'água que drena uma área de 12.584 km^2 , a qual se estende pelo território de 19 municípios (KUBOTA *et al.*, 2020). Esta realidade torna-se uma ameaça à qualidade da água dos citados lagos, pois pode representar uma fonte de poluição difusa, já que dados do SNIS de 2020 mostram que apenas 42% desses municípios têm informações sobre saneamento básico, e somente 9,8% da população de toda a bacia hidrográfica conta com atendimento de esgoto sanitário (SNIS, 2021).

De acordo com o exposto, conclui-se ser verdadeira a situação de ameaça imposta ao PEUt, e seus elementos ambientais, pelo modelo de desenvolvimento urbano da RMB, algo que vai de encontro a todo o planejamento e expectativas dirigidos à área protegida, seja como fonte de água, seja pelos serviços socioambientais prestados à coletividade.

II – Com relação à segunda hipótese pode-se dizer que Belém tem apresentado recorrentes casos de alagamentos e inundações, reflexo da composição entre eventos extremos de chuvas e acúmulo de lixo e esgoto nos canais, o que mostra o descompasso entre o progresso da ocupação do solo e a oferta de serviços de saneamento eficientes, resultado de políticas públicas fracassadas para a RMB.

Barbi e Rei (2021) evidenciam mais esta realidade, quando falam da vulnerabilidade dos centros urbanos aos efeitos das mudanças climáticas, quando estes não contam com saneamento eficiente. Em um cenário de eventos cada vez mais extremos, Belém está em sintonia com este quadro, pois vem apresentando, desde o ano de 2000, uma tendência de

elevação dos totais pluviométricos, de acordo com ANA ([2022?b]). Isso é preocupante, já que a capital paraense tem recorrentes alagamentos e inundações, ocasionadas pelos altos índices pluviométricos, ocupações irregulares de cursos d'água e áreas de várzea, além do grande volume de lixo e esgoto descartados de maneira inadequada no ambiente, como explicam Guimarães *et al.* (2017).

Ponte *et al.* (2020) esclarecem que serviços de saneamento ineficientes ou inexistentes acabam por mostrar a ineficácia das políticas públicas voltadas à urbanização da RMB.

No contexto de Belém e região metropolitana, Barbosa (2022), Soares *et al.* (2018) e Guimarães *et al.* (2017) expõem as condições dos bairros periféricos e áreas de planície da capital paraense, inclusive através de mapas que identificam pontos críticos de alagamentos e inundações. Adicionalmente, Dias (2019a, 2019b, 2020), Pará (2017), Magalhães e Magalhães (2018), Pimentel (2020, 2021) e EJAAtlas (2019) apresentam, através de imagens e reportagens, a degradação do meio ambiente urbano e da vida do cidadão.

Conclui-se, portanto, que esta realidade é fruto de políticas de saneamento ambiental falhas, já que Belém possui um Plano Diretor Urbano, atualizado em 2008, que apresenta, no rol de suas diretrizes: “promover as condições básicas de habitabilidade [...], à moradia e ao saneamento ambiental, bem como garantir a acessibilidade aos equipamentos e serviços públicos”; “elevar a qualidade do ambiente urbano por meio da proteção dos ambientes natural e construído” (BELÉM, 2008).

Para referendar tal conclusão e associá-la à área de estudo, menciona-se o trabalho de Araújo *et al.* (2021) que demonstra a contaminação dos lagos Bolonha e Água Preta, por esgotos domésticos lançados nos corpos d'água pelos moradores das ocupações do entorno do PEUt. Deduz-se, portanto, que tais moradores se encontram sem acessibilidade aos equipamentos e serviços públicos, contrariando o que preconiza as citadas diretrizes do PDU – Belém. Esta situação foi relatada também por Almeida e Souza (2018), que registraram imagens dos pontos de lançamento nos dois lagos.

Ademais, Belém instituiu, em 26 de dezembro de 2011, através da Lei de nº 8.899, o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no Município, no qual está explícito que:

É vedado os lançamentos *in natura* em céu aberto, tanto em áreas urbanas quanto nas rurais, a queima a céu aberto ou em recipientes improvisados, instalações ou equipamentos considerados inadequados conforme a legislação vigente, da mesma maneira que o lançamento em cursos d'água, terrenos baldios, poços ou cavidades subterrâneas, em dispositivos ou redes de drenagem de águas pluviais, esgotos e áreas sujeitas a inundações, assim como a infiltração de resíduos ou efluentes no



solo sem tratamento prévio (Art. 16, incisos I, II, III e IV, da Lei nº 8.899/2011) (BELÉM, 2011).

De forma complementar, a citada Lei estabelece que os resíduos sólidos gerados na capital paraense deverão ser compulsoriamente depositados em aterros sanitários, e quando possível, previamente tratados em usinas de reciclagem ou compostagem, sendo todo o processo licenciado pelo órgão ambiental competente.

Conclui-se do exposto que o poder público municipal assume a postura de organizador do processo de coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, como também de gestor ambiental, para garantir à coletividade uma sadia qualidade de vida. Porém, próximo ao PEUt, a população está acostumada a conviver, segundo Dias (2019), com animais vetores de doenças, mal cheiro e poluição visual, em virtude do descarte de resíduos sólidos próximo ao muro do Parque, em área urbana dos municípios de Belém e Ananindeua.

Aí testemunha-se mais uma vez o descompasso entre os princípios, diretrizes e objetivos das políticas de desenvolvimento da RMB e a realidade observada nos bairros periféricos, o que fragiliza cada vez mais as funções definidas para o PEUt.

III – Analisando a terceira hipótese, pode-se afirmar ser plausível que a decomposição dos rejeitos depositados durante anos no lixão do Aurá esteja contribuindo com a degradação da qualidade das águas do PEUt, através do chorume gerado no processo.

Como referendo a esta afirmação, apresenta-se Souza (2020) que esclarece sobre a contribuição do chorume do Aurá para com a vulnerabilidade ao risco de contaminação do subsolo às proximidades do Parque. Neste sentido, ANA (2018c) classifica o lixão como de risco potencial elevado para a geração de contaminantes na Região Metropolitana de Belém, cuja pluma de contaminação não é totalmente conhecida. É importante ressaltar que a distância entre o lixão e os citados lagos é de, aproximadamente, 2,0 km.

Outros pesquisadores já estudaram a relação entre o lixão e a qualidade das águas às proximidades do PEUt, dentre os quais pode-se destacar Santo (2014) e Machado e Moura (2019), que apresentaram resultados de análises das águas dos poços utilizadas pelos moradores das cercanias da UC fora dos padrões de potabilidade descritos na Portaria GM/MS nº 888/2021. Os autores mostraram ainda conclusões de pesquisas que identificaram a presença de metais pesados e compostos orgânicos em bacia hidrográfica vizinha ao PEUt, oriundos do “depósito de lixo a céu aberto”.

Pelo exposto, conclui-se ser plenamente possível que os efluentes líquidos do lixão do Aurá estejam percolando através do subsolo do Parque e, conseqüentemente, sendo incorporados às águas subterrâneas e às águas dos lagos Bolonha e Água preta.

Vele ressaltar que o desconhecimento acerca da qualidade das águas subterrâneas no local de estudo é algo desfavorável aos objetivos do PEUt, posto que se apresentam como agravantes à influência do lixão do Aurá as seguintes realidades:

- A região onde está localizada a Unidade de Conservação, na RMB, é responsável pela maior vazão de recarga natural dos aquíferos Barreiras e Pirabas, ficando na ordem de 11,6 m³/s a 12,0 m³/s, com a efetiva contribuição de esgotos domésticos, canais, rios, igarapés e lagos presentes nesta região. Tal nível de aporte de água pode conduzir contaminantes para camadas mais profundas dos aquíferos, ocasionando, em longo prazo, uma contaminação generalizada e de difícil remediação (ANA, 2018b, 2018c).
- As camadas geológicas do subsolo do Parque e do seu entorno mostram um perfil composto por areias médias a conglomeráticas, intercaladas com argilas arenosas, até cerca de 78,0 m (ANA, 2018c). Nesta composição, pouco material serve de barreira natural para a infiltração e percolação de substâncias líquidas, aí inclui-se o chorume do lixão do Aurá, que podem migrar em direção aos lagos que abastecem Belém e região metropolitana.
- A vida útil do lixão do Aurá foi encerrada em 2014, porém o material armazenado ainda está em decomposição, gerando efluentes líquidos. A evolução deste processo pode acentuar a concentração de contaminantes nas águas para o abastecimento público, tanto aquelas dos lagos Bolonha e Água Preta, quanto às dos poços usados pela população e pela COSANPA para o mesmo fim. Além disso, as águas do PEUt são usadas para contato direto dos visitantes, através da canoagem e passeio de bóia (PARÁ, 2018b), o que pode trazer conseqüências à saúde dos praticantes destes esportes, pela presença na água de contaminantes oriundos do lixão, cujo movimento e presença não são facilmente detectados. Para constatar a existência e concentração, no subsolo de substâncias potencialmente prejudiciais a qualquer forma de vida é necessário uma estrutura de monitoramento bem concebida que gere informações quantitativas no espaço e no tempo.

IV – Relativamente à quarta hipótese, pode-se afirmar que sim, o PEUt necessita de um sistema de monitoramento ambiental, pelos seguintes motivos:

- a) As ameaças à integridade dos elementos ambientais da UC, materializadas, principalmente, na pressão territorial imposta ao espaço protegido; no serviço de saneamento básico precário dos bairros periféricos; no sentido das drenagens em direção aos lagos, que favorecem a

poluição/contaminação das águas; no traçado da Avenida João Paulo II, que corta as cabeceiras dos principais mananciais de abastecimento da capital paraense, pela qual são transportadas cargas potencialmente perigosas; na possível contaminação pelo chorume do lixão do Aurá; no aporte de água do Rio Guamá para o Lago Água preta, que pode representar uma fonte de poluição/contaminação difusa.

b) Os objetivos da Unidade de Conservação que se constituem, basicamente, no abastecimento de uma população compreendida entre 41,0% e 70,0% do contingente da RMB; na garantia de serviços ecossistêmicos, espaço para a prática de esporte e lazer da população; na proteção dos elementos naturais de um fragmento urbano da floresta Amazônica. Esses objetivos estabelecem uma conexão entre o PEUt e as normas de saúde pública, saneamento básico e gestão ambiental, referendando, portanto, as ações interinstitucionais no espaço protegido visando a investigação dos teores de substâncias e elementos químicos no ambiente natural, o levantamento da presença de agentes infecciosos nos corpos hídricos e a pesquisa de outros parâmetros de qualidade das águas e do solo (Apêndice A).

c) Os planos de desenvolvimento urbano da RMB, onde estão expressas as políticas para o aumento da oferta hídrica; para a melhoria dos serviços em saúde pública; para a universalização do saneamento básico; para a geração de emprego e renda; para o incentivo à cultura, esporte, lazer e ecoturismo; para o fomento à educação ambiental, sendo que, em todas esses temas o PEUt está inserido ou tem uma forte relação (Apêndice A).

Em complemento aos motivos elencados para a implantação de sistema de monitoramento no PEUt, é importante destacar que uma estrutura de coleta de dados ambientais em Unidades de Conservação deve ter bem definidos seus objetivos e os benefícios esperados. Neste sentido, os estudos de casos de monitoramento ambiental no contexto de UCs mostraram que, no caso da Espanha, com o objetivo de estudar os impactos das mudanças climáticas em parques nacionais, López e Pardo (2018) chegaram à conclusão que, dentre os benefícios do monitoramento ambiental, se destacam a melhoria da gestão da UC, ganhos econômico-sociais para as comunidades do entorno, além do fomento às ações governamentais de respostas às mudanças climáticas (Apêndice B).

Na China, com o intuito de melhorar o monitoramento ecológico em favor da proteção de ecossistemas urbanos, Wang *et al.* (2021) concluíram que o monitoramento é fundamental para revelar as complexas condições ambientais e os problemas sociais correspondentes,

elegendo o melhor modelo aquele que atenda tanto aos interesses da classe política, quanto às necessidades da população e dos usuários das informações geradas (Apêndice B).

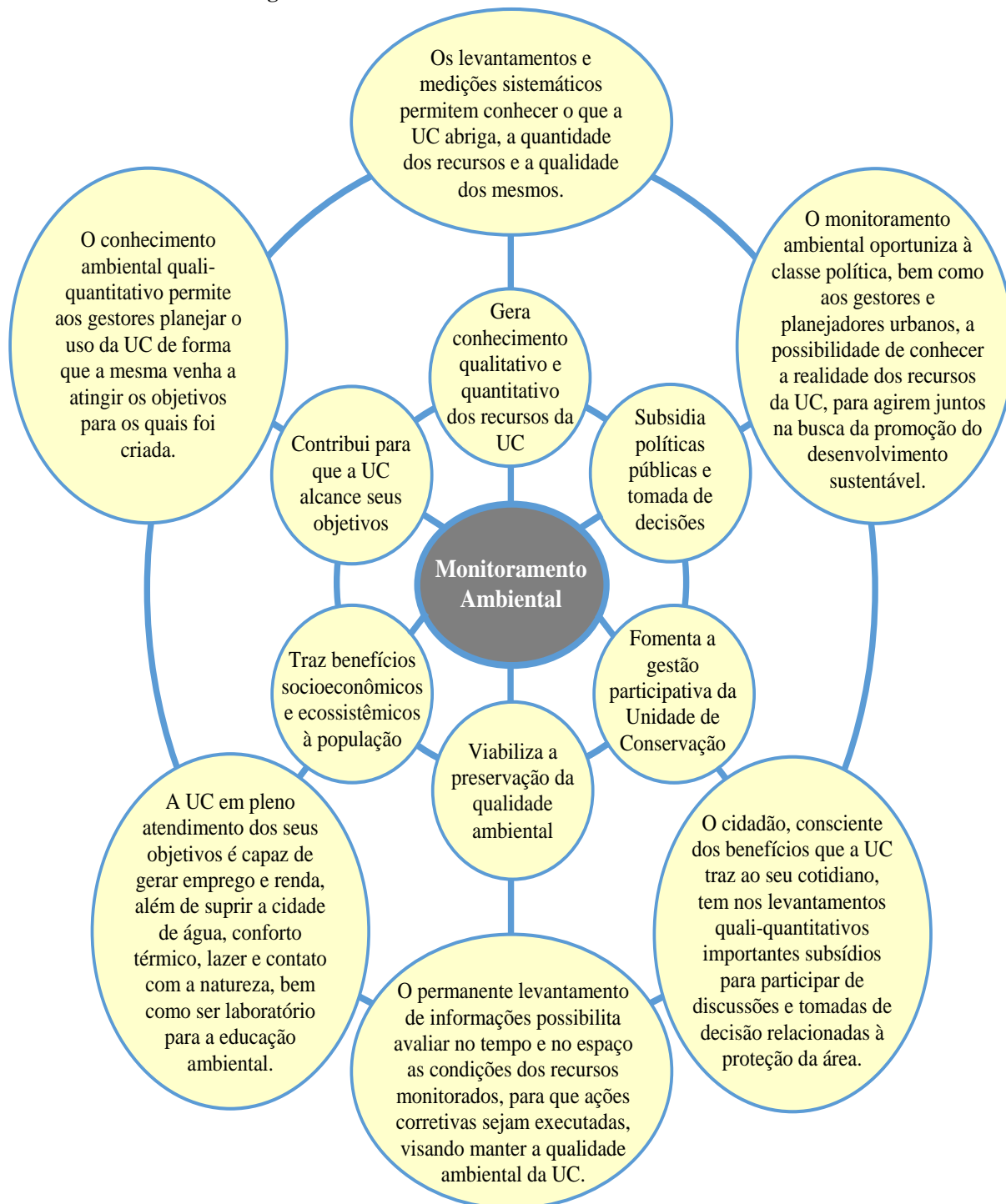
No Brasil, o caso do Parque Marinha do Brasil (RS), onde foi realizado trabalho de análise crítica de procedimentos para captura e processamento de dados, as conclusões de Schvarstzaupt (2018) mostram que os gestores necessitam conhecer a extensão dos diversos recursos dos parques urbanos, sendo necessário para isso o levantamento de informações de caráter multidisciplinar (aspectos ambientais, econômicos e sociais da área de influência) que, no final das contas, vão subsidiar a gestão adequada da UC. A pesquisadora declara ainda que “o monitoramento é fundamental no processo de gestão, pois ele permite gerar informações de interesse para contribuir com os objetivos a serem alcançados nos parques urbanos” (Apêndice B).

Do trabalho realizado na Reserva Extrativista Rio Unini (AM), com foco na gestão da UC e na efetividade do sistema de monitoramento, destaca-se a conclusão de Fagundes (2021) sobre o monitoramento da biodiversidade que, segundo ela, “contribui para a avaliação de possíveis mudanças, assim como, pela mitigação dela, o qual busca sempre ter um determinado “controle” acerca da fauna e flora”.

Como elemento de apoio na gestão, o monitoramento traz respostas e contribui para a solução de problemas e conflitos, pois é capaz de mostrar os aspectos quali-quantitativos de um determinado recurso de um território ao longo do tempo e do espaço, através da coleta de dados contínua e sistemática, reforça a pesquisadora (Apêndice B).

Pelo exposto é possível afirmar que o monitoramento ambiental em áreas protegidas gera um círculo virtuoso, o qual pode ser observado na **Figura 67**.

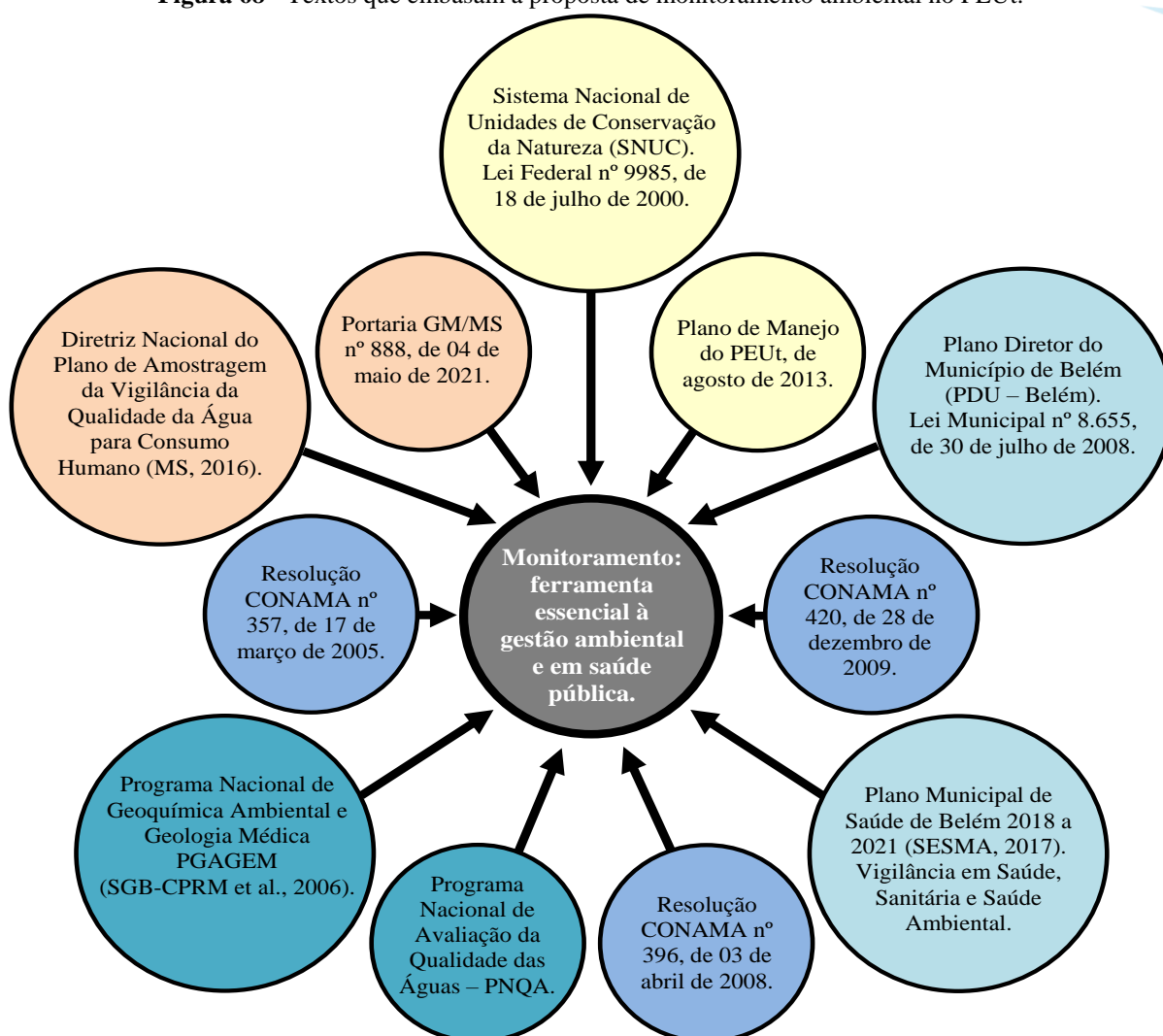
Figura 67 - Círculo virtuoso do monitoramento ambiental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação à abordagem dos textos legais e normativos que referendam a implantação de um sistema de monitoramento no PEUt, exhibe-se a seguir o arranjo dos mesmos expressando o entendimento de que tal estrutura pode ser vista como um importante instrumento para a gestão intersetorial participativa (**Figura 68**).

Figura 68 - Textos que embasam a proposta de monitoramento ambiental no PEUt.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda

Lei Federal nº 9985: Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências (BRASIL, 2000).

Plano de Manejo do PEUt: documento previsto na Lei 9985, norteador de ações de conservação para que o Parque Estadual do Utinga cumpra sua função social e ambiental (PARÁ, 2013b).

Portaria GM/Ministério da Saúde nº 888: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. (BRASIL, 2021);

Resolução CONAMA nº 357: apresenta diretrizes para enquadramento dos corpos d'água superficiais, em especial nas Unidades de Conservação (CONAMA, 2005);

Resolução CONAMA nº 396: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (CONAMA, 2008).

Resolução CONAMA nº 420: Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (CONAMA, 2009).

PGAGEM: Objetiva levantar concentrações de substâncias e elementos químicos no solo e águas de abastecimento, em favor da saúde pública, através de redes de monitoramento, nas três esferas de governo (SILVA *et al.*, 2006).

PDU – Belém: Alinha diretrizes em busca de garantir o progresso do município, em bases sustentáveis, garantindo o desenvolvimento local socialmente justo, ambientalmente equilibrado, economicamente viável e culturalmente diversificado (BELÉM, 2008).

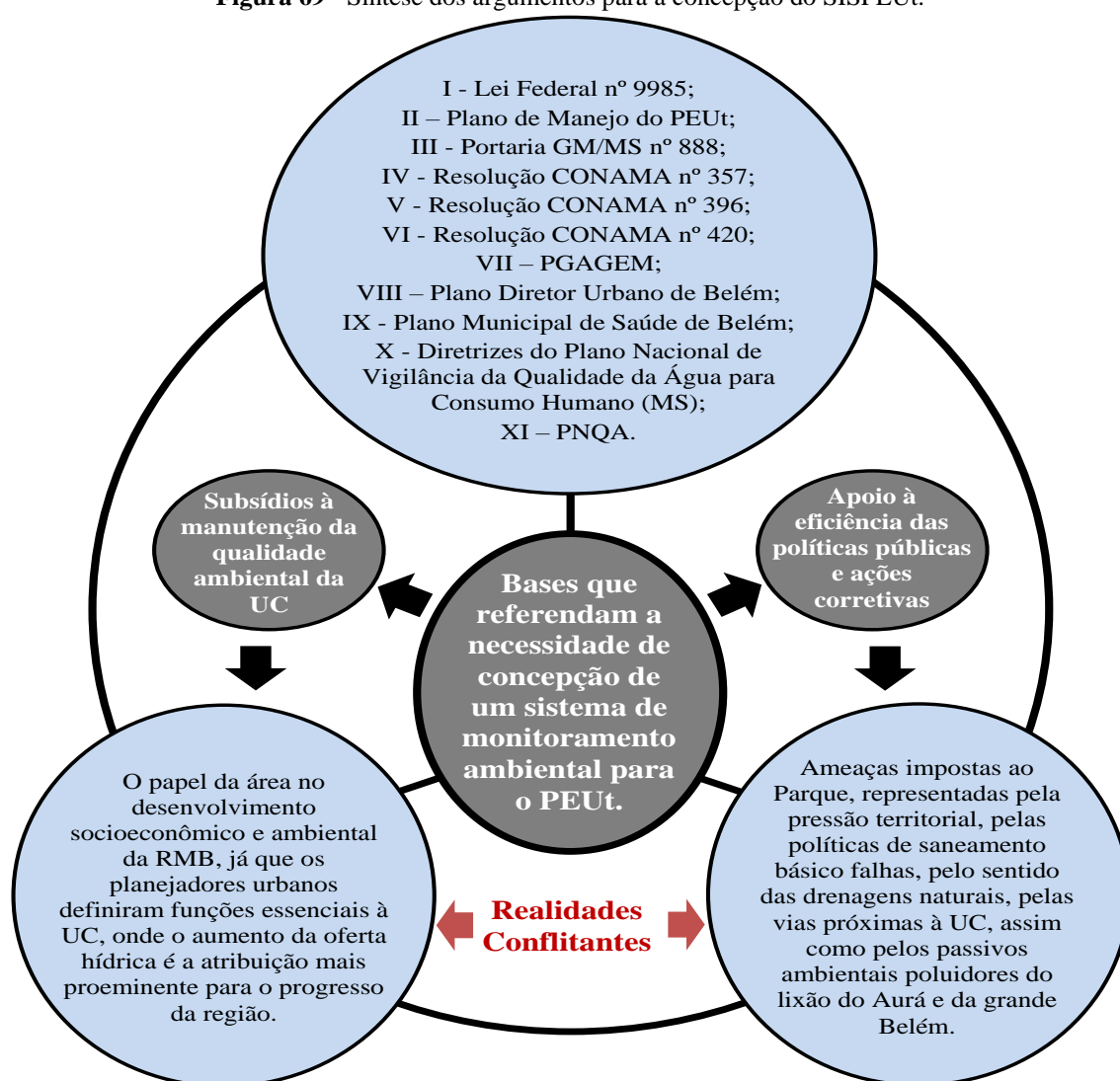
Plano Municipal de Saúde de Belém: Objetiva ordenar o planejamento e orçamento da Secretaria Municipal de Saúde para o período de 2018 – 2021, com atenção à vigilância sanitária e saúde ambiental, através do monitoramento da qualidade da água para consumo humano (BELÉM, 2017).

Diretrizes do Plano Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (MS): Visa orientar a elaboração e a implementação dos planos de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano, abordando o quantitativo mínimo de amostras, a frequência de amostragem, os parâmetros a serem analisados, bem como as orientações para a seleção dos pontos de coleta (BRASIL, 2016).

PNQA: Objetiva ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, para orientar a elaboração de políticas públicas em recursos hídricos (ANA, [2014?]).

Acompanhando a mesma linha de abordagem da ilustração anterior, apresenta-se a **Figura 69**, a qual condensa todos os fundamentos e alegações utilizados para mostrar que o PEUt realmente necessita de um sistema de monitoramento ambiental.

Figura 69 - Síntese dos argumentos para a concepção do SISPEUt.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por último, a campanha exitosa em concluir pela necessidade de uma estrutura de levantamento da qualidade ambiental do PEUt, evidenciada no desenvolvimento do roteiro metodológico desta pesquisa, permite afirmar que a proposta do SISPEUt pode ser

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos itens anteriores ficou claro a necessidade de implementação de um sistema de monitoramento ambiental para o Parque Estadual do Utinga, pois é primordial a geração de informações que mostrem o cenário fiel da influência urbana sobre o a área, para, dentre outras finalidades, fomentar ações do poder público no sentido de preservar a qualidade dos componentes do Parque e conscientizar a população sobre a necessidade de mudar sua postura de degradadora para conservacionista.

De acordo com o objetivo geral deste trabalho, apresenta-se este tópico como um **Guia de Instruções para a concepção, instalação e operacionalização** de uma proposta de sistema de monitoramento ambiental, para o qual sugere-se a denominação de “**Sistema de Monitoramento Ambiental do Parque Estadual do Utinga (SISPEUt)**”.

7.1 SISPEUt: Objetivos

Em harmonia com os princípios observados em ANA ([2022? a], [2022? c]), SGB-CPRM (2021b), SGB-CPRM (2021e), PARÁ ([2022? b]), BRASIL (2006) e CETESB (2022), define-se o sistema como uma ferramenta que visa: *“Levantar e fornecer informações que possibilitem avaliar a qualidade das águas e do solo do Parque Estadual do Utinga, para subsidiar a tomada de decisões em favor da proteção dos seus recursos naturais, do fomento à educação ambiental, da garantia à oferta hídrica aos habitantes da RMB e em apoio à cooperação entre os setores saneamento e saúde pública”*.

Tendo por base os citados objetivos, nos itens a seguir estão descritas as etapas definidas para conceber e colocar em operação a aludida proposta de sistema de monitoramento ambiental.

7.2 SISPEUt: requisitos e arquitetura

Segundo Fagundes (2021), “através do monitoramento é possível observar como um determinado recurso se encontra no território ao longo do tempo, principalmente no que diz respeito à situação de disponibilidade ou escassez”.

Pinto *et al.* (2019) destacam o acesso à informação de banco de dados públicos como condição fundamental para oferecer subsídios à sociedade, visando o debate sobre os temas mais controversos da atualidade. Neste sentido, um sistema de monitoramento bem concebido deve ser eficaz na relação usuário/banco de dados.

Para o SISPEUt propõe-se uma estrutura do tipo cliente-servidor, onde o servidor é responsável pelo gerenciamento dos dados, enquanto que os computadores que acessam a página de transferência de informações são tratados como clientes (MEDEIROS *et al.*, 2007).

No sentido de colaborar com a concepção de um bom sistema de monitoramento, Pinto *et al.* (2019) informam que é fundamental conhecer o problema que se visa solucionar, começando por identificar o seguinte:

- Quem são os possíveis interessados neste sistema e como se caracterizam?
- Quais serviços o sistema deve prover?
- Que tecnologias, dentre as disponíveis, podem ser utilizadas?
- Como será realizada a interação com o usuário?
- Como as informações geradas serão divulgadas ao público?

Saber as necessidades dos interessados é essencial para definir os requisitos que o sistema oferecerá, ou seja, as condições e capacidades fornecidas pelo programa computacional, para que o usuário cumpra com os seus objetivos, além de proporcionar a especificação dos processos da organização e demais componentes do sistema (PINTO *et al.*, 2019).

Neste sentido, para o SISPEUt, identifica-se como possíveis interessados:

- Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (BRASIL, 2000);
- IDEFLOR-Bio e Comitê Gestor do PEUt;
- Comunidade acadêmica/escolar: Instituições públicas e privadas de ensino básico, médio, técnico e superior;
- Comunidade científica: Pesquisadores que desenvolvam estudos ambientais, de comportamento social, esporte e lazer, além de outros que podem ter no PEUt uma fonte de informações;
- Poder público: Legisladores municipais e estaduais, Prefeituras e Governo do Estado do Pará;
- Gestores ambientais, de recursos hídricos e do sistema de saúde pública;
- Planejadores urbanos;
- População da Região Metropolitana de Belém e usuário em geral.

Com base nos interessados e suas atuações na sociedade, apresenta-se a seguir os requisitos propostos para o sistema.

7.2.1 Requisitos

7.2.1.1. Funcionais

Descrevem as funcionalidades que os usuários esperam encontrar no sistema, além de definirem as tarefas e serviços que devem ser oferecidos pela aplicação (PINTO *et al.*, 2019).

Assim, para o SISPEUt, propõe-se os seguintes requisitos funcionais:

- Buscar e acessar informações multitemáticas de forma fácil e ágil;
- Realizar *download* de informações ou conjunto de informações;
- Gerar mapas temáticos;
- Imprimir consultas e mapas;
- Disponibilizar estudos realizados no âmbito do PEUt ou que estejam ligados à UC;
- Entrar em contato com a administração do Parque, para tratar de assuntos relativos ao sistema;
- Acessar Portal de órgãos/instituições parceiras ou afins.

7.2.1.2. Não funcionais

Pinto *et al.* (2019) preconizam a usabilidade, a confiabilidade e a compatibilidade como requisitos não funcionais para um sistema como o SISPEUt (grifo nosso). A seguir estão descritos cada um deles:

- **Usabilidade:** O sistema deve ter o seu visual construído em cima do Portal Padrão do Governo Federal (um modelo de cores, fontes, menus e etc. para a construção de um site do governo) para que sua identidade visual seja facilmente reconhecida e a interação com o usuário aconteça de forma intuitiva, lógica e fácil. Deve possuir menus informativos de ajuda e manual de acesso disponível ao usuário.
- **Confiabilidade:** Informações referentes aos valores e resultados gerados após a execução das ações do sistema devem ser precisas. O sistema deve ter a capacidade para tratar falhas e/ou se recuperar delas. O usuário não deve ver mensagens de erro que revelem informações sobre o sistema (versão do banco, nomes de arquivo ou usuários, etc.).
- **Compatibilidade:** O sistema, por se tratar de uma aplicação web em arquitetura cliente/servidor, poderá ser acessado por navegadores (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Safari, etc.) nos sistemas operacionais Windows, Linux e iOS. O comportamento das funcionalidades deve ser o mesmo (PINTO *et al.*, 2019).

7.2.2 Arquitetura

Sendo um sistema de monitoramento ambiental proposto para uma UC de proteção integral, cujos produtos interessam ao poder público e à sociedade em geral, para a definição de políticas conservacionistas e gestão compartilhada da área protegida, o SISPEUt necessita (ou deve) seguir a Arquitetura ePING (Padrões de Interoperabilidade do Governo Eletrônico), que é definida como:

A arquitetura ePING – Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico – define um conjunto mínimo de premissas, políticas e especificações técnicas que regulamentam a utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na interoperabilidade de serviços de Governo Eletrônico, estabelecendo as condições de interação com os demais Poderes e esferas de governo e com a sociedade em geral (BRASIL, 2018, grifo nosso).

“Interoperabilidade é a capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto (interoperar) de modo a garantir que pessoas, organizações e sistemas computacionais interajam para trocar informações de maneira eficaz e eficiente”. A política geral do ePING preconiza o uso preferencial de programa computacional público e/ou livre para a implementação dos padrões de interoperabilidade (BRASIL, 2018).

É importante destacar que os sistemas analisados anteriormente (SNIRH, SIAGAS, RIMAS, SEIRH, SINIMA e CETESB) foram concebidos segundo os fundamentos norteadores do ePING. Assim sendo, apresenta-se como modelo para o SISPEUt a arquitetura do SIAGASWEB, que se constitui em uma ferramenta de consulta via *internet*, desenvolvida totalmente a partir dos programas computacionais livres descritos a seguir (LIMA; BRANCO, 2010):

- a) Sistema Operacional – Linux: “É um Sistema Operacional, assim como o Windows e o Mac OS, que possibilita a execução de programas em um computador e outros dispositivos. Linux pode ser livremente modificado e distribuído” (4LINUX, 2022).
- b) Apache http Server: É um servidor seguro, eficiente e extensível, de código aberto, que fornece serviços HTTP em sincronia com os padrões HTTP atuais (APACHECON, 2021).
- c) PHP (*Hypertext Preprocessor*): É uma linguagem de programação interpretada, utilizada, principalmente, no desenvolvimento WEB. Uma de suas principais características é o suporte a uma gama de banco de dados, como PostgreSQL, Interbase, MySQL e Oracle (BASSO, 2010).
- d) PostgreSQL: “É um sistema de banco de dados relacional de código aberto que usa e estende a linguagem SQL combinada com muitos recursos que armazenam e dimensionam com segurança as cargas de trabalho de dados mais complicadas” (POSTGRESQL, 2022).
- e) PostGIS para PostgreSQL: É um banco de dados que tem a finalidade de armazenar a informação juntamente com a sua localização geográfica (BASSO, 2010).
- f) MapServer: Se constitui em um programa para webmapping e disponibilização de dados geográficos na internet. É utilizado como ambiente de desenvolvimento para construção das soluções (mapas interativos) como para publicação destes em um servidor (MEDEIROS, 2020).
- g) Framework Pmapper: “É uma estrutura digital que tem como objetivo oferecer ampla funcionalidade e múltiplas configurações para facilitar a configuração de uma aplicação MapServer baseada em PHP/MapScript” (P.MAPPER, 2013).

7.3 SISPEUt: Parâmetros a serem monitorados

Nos **Quadros 14, 15 e 16** é possível ver a composição de parâmetros propostos para serem monitorados através do SISPEUt, os quais foram definidos, principalmente, a partir das informações levantadas na análise da RHN, do PNQA, do SIAGAS, da RIMAS, do PGAGEM, da CETESB, das Resoluções CONAMA n° 357/2005, n° 396/2008 e n° 420/2009, bem como da Portaria GM/MS n° 888/2021.

Ressalta-se que nestes quadros está presente também a busca pela cooperação entre os sistemas de saneamento e saúde pública, algo primordial na atualidade, quando se coloca em evidência a necessidade de monitorar, preventivamente, a presença de microrganismos infecciosos no meio ambiente.

Segundo BRASIL (2009), a RIMAS prevê, no monitoramento qualitativo das águas subterrâneas, a análise dos parâmetros biológicos: *Escherichia Coli*, Enterococos e Coliformes Termotolerantes, em atendimento aos preceitos da Resolução CONAMA 396/2008.

Para o SISPEUt, decidiu-se associar as análises microbiológicas à contaminação por esgotos domésticos, lixões, cemitérios e à presença de vírus infecciosos circulantes na região. Esta proposição baseia-se nas considerações de ANA (2018b), onde está posto que as águas oriundas da drenagem urbana podem conduzir componentes orgânicos e metais existentes em aterros sanitários, lixões, postos de combustíveis, cemitérios, esgotos, dentre outros, para o subsolo, com grande possibilidade de contaminar os aquíferos atingidos.

Estando o PEUt sob ameaça direta do extinto lixão do Aurá, de cemitérios em seu entorno e de esgotos lançados no seu interior, justifica-se a proposta de investigar, além da *Scherichia Coli*, a presença das bactérias *Clostridium Perfringens*, *Enterococos* e *Estreptococos Fecais*, nas águas do subsolo, as quais, segundo Xavier *et al.* (2018), encontram-se em grande quantidade no necrochorume, que se constitui no líquido resultante da decomposição de cadáveres. Adicionalmente, fez-se a proposição de analisar a presença dos vírus causadores das doenças mais impactantes na saúde da população da RMB (ALVES, 2021). Assim, além da global COVID-19, o sistema se propõe a investigar os vírus da Dengue, da *ChiKungunya*, da Zica e da Febre Amarela, algo inovador voltado ao fomento da cooperação entre os setores saneamento e saúde pública, pois presume-se a possibilidade do SISPEUt apresentar dados reais que alertem as autoridades sanitárias sobre a circulação dos citados vírus nas áreas próximas à UC.

No tocante ao monitoramento das águas superficiais, a relação de parâmetros microbiológicos obedeceu à mesma fundamentação adotada para as águas subterrâneas, com o diferencial para a investigação da presença de cianobactérias, que produzem substâncias tóxicas (cianotoxinas), quando em grande quantidade em corpos hídricos e sob condições de estresse (SOUSA, 2017; FARIAS, 2020).

A proposta de levantamento da morfologia de fundo dos lagos representa um compromisso do sistema para com a geração de informações que possibilitem a realização de análises ambientais integradas entre o meio físico e os parâmetros de qualidade das águas e do solo, como também o empenho para com a manutenção das condições hidráulicas destes mananciais.

Quadro 14 - Parâmetros de monitoramento para as águas superficiais.

Águas Superficiais: Lagos Bolonha e Água Preta	Parâmetros		Elemento ou Substância		Local análise		Elemento ou Substância		Local análise		Justificativas/Objetivos
	Elemento ou Substância	Local análise	Elemento ou Substância	Local análise	Elemento ou Substância	Local análise	Elemento ou Substância	Local análise			
	Físico-químicos	As Cd Cr Cu Fe	Laboratório ⁽¹⁾	F Mn Ni Pb Zn	Laboratório ⁽¹⁾	Salinidade DBO Sol. Susp. ----- -----	Laboratório ⁽¹⁾	O ₂ CE Turbidez T pH	<i>in loco</i> ⁽¹⁾	Em atenção aos objetivos do PGAGEM, no que diz respeito à identificação de contaminação natural ou antropogênica, visando apontar áreas e comunidades expostas aos efeitos adversos de elementos e substâncias tóxicas na RMB. Subsidiar estudos sobre contaminação das águas superficiais próximas a lixões e aterros sanitários. Adesão ao PNQA, com a finalidade de orientar a elaboração de políticas públicas voltadas à recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água interiores, em prol da gestão integrada dos recursos hídricos (Lei 9.433/1997). Apoiar a integração das políticas de saneamento básico e saúde pública, na RMB, no que diz respeito à constatação de contaminação do ambiente e identificação de microorganismos patogênicos circulantes. Atender as especificações da Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria GM/MS n.º 888/2021. Em atenção ao Plano de Manejo do PEUt, quanto ao monitoramento da qualidade das águas superficiais da UC. Ressalta-se que qualquer atualização das Resoluções e Portarias, deve-se considerar a versão mais atual.	
	Microbiológicos	1) Bactérias <i>Escherichia Coli</i>		Laboratório ⁽²⁾							
		2) Cianotoxinas Cilindrospermopsinas, Microcistinas e Saxitoxinas									
		3) CoronaVírus SARS-CoV-2									
		4) Arbovírus Dengue, <i>Chikungunya</i> , Zica e Febre Amarela									
	Nutrientes	Fósforo Total Nitrito Nitrito Nitrogênio Amoniacal	Laboratório ⁽¹⁾								
	Morfologia de fundo	Batimetria						<i>in loco</i> ⁽²⁾		Apoiar o Plano de Manejo do PEUt quanto à manutenção física dos lagos. Contribuir com a sustentabilidade da oferta hídrica atual e futura previstas no Plano Municipal de Saneamento de Belém (BELÉM, 2020).	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 15 - Parâmetros de monitoramento para as águas subterrâneas.

Águas Subterrâneas	Parâmetros		Elemento ou Substância		Local análise		Elemento ou Substância		Local análise		Elemento ou Substância		Local análise		Justificativas/Objetivos					
	Físico-químicos	Microbiológicos	Nutrientes	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	STD		DBO	Salinidade	O ₂	CE	Turbidez
		1) Bactérias <i>Escherichia Coli, Clostridium Perfringens, Enterococos, Streptococos Fecais</i> 2) CoronaVirus SARS-CoV-2 3) Arbovirus Dengue, <i>Chikungunya</i> , Zica e Febre Amarela	Fósforo Total Nitrito Nitrato Nitrogênio Amoniacal	Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽²⁾		in loco ⁽¹⁾				Em atenção aos objetivos do PGAGEM, quanto à identificação de focos superficiais de contaminação natural ou antropogênica em áreas urbanas; caracterização geoquímico-ambiental das zonas de recargas de aquíferos; determinação da extensão da pluma de contaminação nas águas subterrâneas, notadamente aquelas próximas a lixões e aterros sanitários. Apoiar a integração das políticas de saneamento básico e saúde pública, no que diz respeito à constatação de contaminação do ambiente e identificação de microorganismos patogênicos circulantes. Atender às Resoluções CONAMA nº 396/2008 e nº 420/2009, bem como a Resolução CNRH nº 15 e a Portaria n.º GM-MS nº 888/2021. Em atenção ao Plano de Manejo do PEUt, quanto ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas da UC. Ressalta-se que qualquer atualização das Resoluções e Portarias, deve-se considerar a versão mais atual.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 16 - Parâmetros de monitoramento para os solos.

Solos	Parâmetros		Elemento ou Substância		Local análise		Justificativas/Objetivos					
	Químicos	Alumínio (Al)	Arsênio (As)	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobre (Cu)		Cromo (Cr)	Ferro (Fe)	Manganês (Mn)	Níquel (Ni)	Zinco (Zn)
		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Laboratório ⁽¹⁾		Em atenção aos objetivos do PGAGEM, no que diz respeito à identificação de focos superficiais de contaminação natural ou antropogênica em áreas urbanas; elaboração de mapas de vulnerabilidade de solos, de águas subterrâneas e mapas de riscos; geração de informações de geoquímica de solo para estudos diversos. Atender às Resoluções CONAMA nº 396/2008 e nº 420/2009. Em atenção às recomendações do Plano de Manejo do PEUt, que tratam do monitoramento da qualidade do solo da UC. Ressalta-se que qualquer atualização das Resoluções, deve-se considerar a versão mais atual.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao “Local de análise” expresso nos três quadros, explica-se o seguinte:

a) Laboratório⁽¹⁾: Recomendação de uso da Rede de Laboratórios de Análises Minerais - Rede LAMIN (SGB - CPRM, 2023), através de um Termo de Cooperação Técnica com o Serviço

Geológico do Brasil. A metodologia adotada para coleta, acondicionamento, transporte e análise laboratorial está contida no Manual Técnico do PGAGEM - Brasil (LINS, 2003).

Na definição das técnicas de análise, indica-se o uso do método analítico ICP OES, que é descrito em Feldbaum (2019, p. 23) e Salcedas (2022, p. 15). Tal indicação encontra respaldo nos trabalhos realizados por Lins (2003), Víglio (2008), Sousa (2017), CETESB (2021) e Schenemann (2021).

b) Laboratório⁽²⁾: Recomendação de contrato, ou algo que o valha, com laboratório de referência em investigação de microrganismos em águas naturais, como, por exemplo, o Instituto Evandro Chagas.

Convém destacar que a metodologia adotada para detecção de vírus é uma particularidade da instituição contratada, porém, Fumian (2011) e Ferreira *et al.* (2020) informam que reação de transcriptase reversa seguida de reação em cadeia da polimerase, ou RT - PCR, tem permitido identificar vírus causadores de gastroenterites agudas por veiculação hídrica, como também outros tipos de vírus.

c) *In loco*⁽¹⁾: Recomendação de uso de sonda multiparamétrica de qualidade da água, para a medição dos respectivos parâmetros, de acordo com os estudos de Silva e Silveira (2014) e Sales *et al.* (2014). Ressalta-se que a cada campanha a calibração prévia do equipamento deve ser realizada, para que o mesmo execute as medições de forma correta.

d) *In loco*⁽²⁾: Recomendação de uso de aparelho acústico tipo Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), para os levantamentos batimétricos dos lagos Bolonha e Água Preta, conforme resultados apresentados por Barbosa *et al.* (2016) e ANA (2017). De acordo com esclarecimentos anteriores, este equipamento também necessita de calibração prévia, para que execute as medições de forma correta.

Relativamente à periodicidade das coletas, medições e levantamentos, estipula-se como coerentes os intervalos definidos no **Quadro 17**.

Quadro 17 - Periodicidade para a geração de informações pelo SISPEUt.

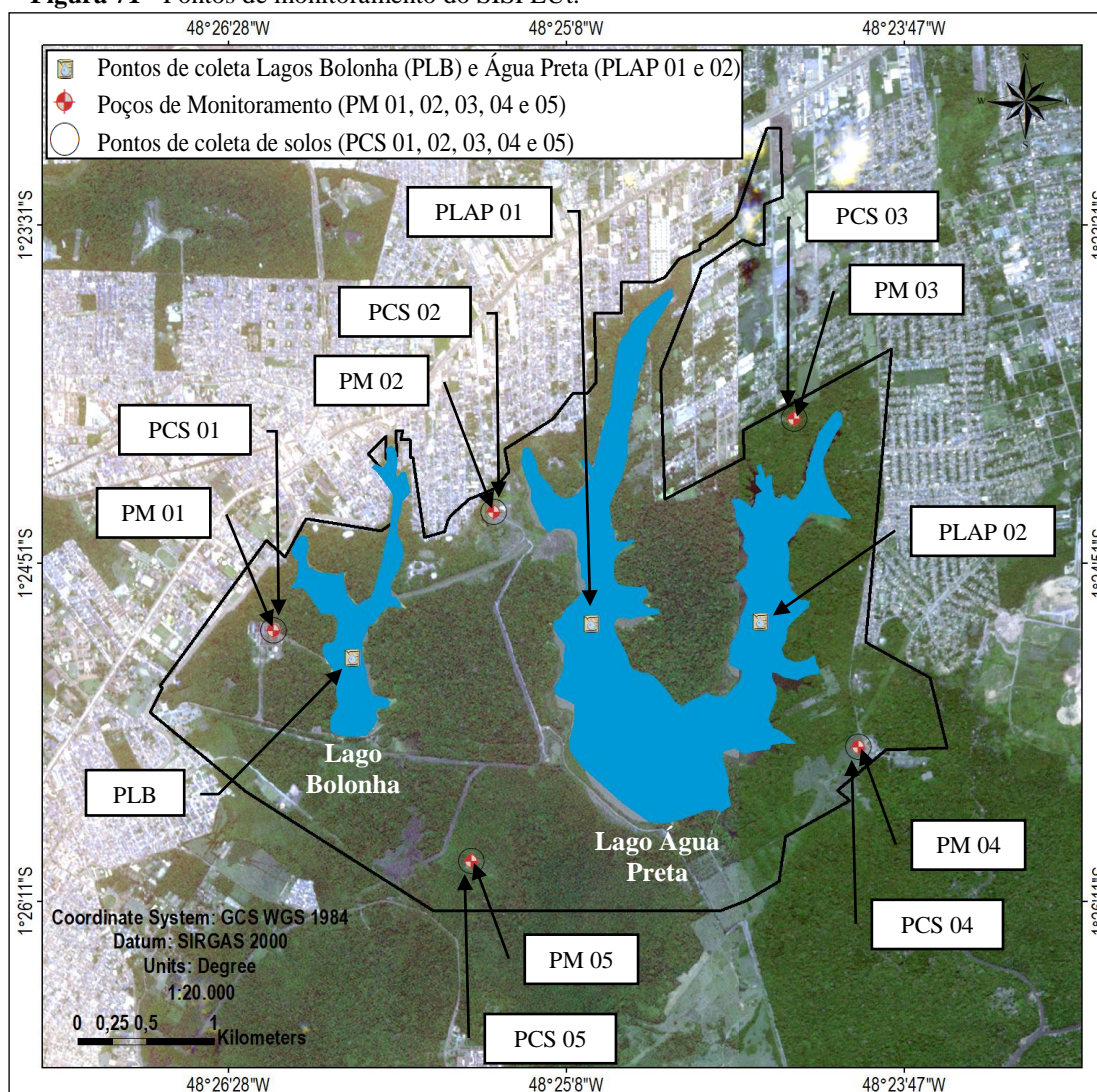
Variável ambiental	Período mais chuvoso	Período menos chuvoso	Base normativa
1 - Águas superficiais	Quantidade	Quantidade	Adaptado dos seguintes regulamentos:
a) Coleta para análise microbiológica	01	01	Resolução CONAMA 357/2005, art. 14 e Portaria GM MS nº 888/2021, art. 42
b) Coleta para análise físico-química	01	01	RHN de Referência (ANA, 2017) e PGAGEM
c) Coleta para análise de nutrientes	01	01	Idem
d) Medição de parâmetros físico-químicos <i>in loco</i>	01	01	RHN de Referência (ANA, 2017)
e) Levantamento batimétrico	01	01	Idem
2 - Águas subterrâneas	Quantidade	Quantidade	-----
a) Coleta para análise microbiológica	01	01	Resolução CONAMA 396/2008, art. 13, § 1º
b) Coleta para análise físico-química	01	01	Resolução CONAMA 396/2008, art. 13, § 1º e RIMAS
c) Coleta para análise de nutrientes	01	01	Idem
d) Medição de parâmetros físico-químicos <i>in loco</i>	01	01	Idem
3 - Solos	Quantidade	Quantidade	-----
Coleta para análise físico-química	01	01	Não foi encontrada definição específica, então decidiu-se estipular duas amostras no ano, para evidenciar possíveis diferenças nas concentrações nos períodos mais e menos chuvosos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.4 SISPEUt: Locais de monitoramento

Com base nas considerações do item anterior, apresenta-se a seguir uma proposta de locais para monitoramento dos parâmetros definidos nos **Quadros 14 a 16 (Figura 71)**.

Figura 71 - Pontos de monitoramento do SISPEUt.

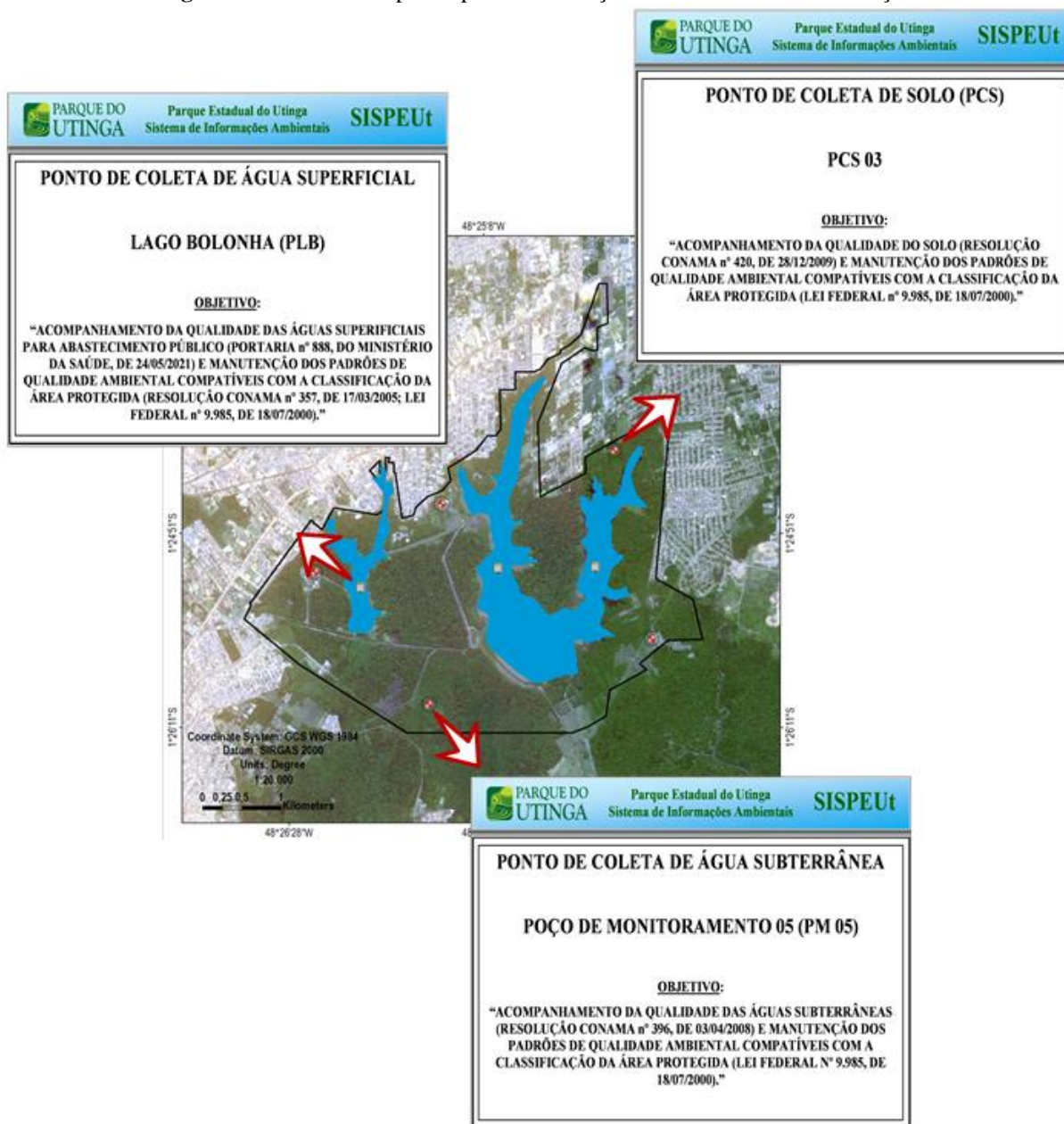


Fonte: Elaborado pelo autor.

A disposição dos pontos de coleta nos lagos Bolonha e Água Preta, bem como dos poços de monitoramento, está embasada na afirmação de que as ocupações às proximidades do PEUt são fonte de contaminação das camadas do solo e do subsolo adjacentes à UC, situação esta que merece destaque e levantamento permanente, sobretudo pelo fato do comprometimento da qualidade das águas que abastecem grande parte da RMB, e que estão previstas como insumo no Plano de aumento da oferta hídrica na região.

Como forma de criar uma identidade com o SISPEUt, propõe-se a utilização de placas de identificação personalizadas, para os locais de coleta e medição, como apresentado na **Figura 72**. Ressalta-se que para as águas superficiais, as placas deverão ficar presas a boias ancoradas no fundo dos lagos Bolonha e Água Preta.

Figura 72 - Modelos de placas para identificação de locais de coleta e medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sugere-se também a instalação de réguas linimétricas próximo aos locais de medição, para associar o nível das águas aos resultados das análises propostas no **Quadro 14**, bem como aos levantamentos batimétricos dos mananciais (**Figura 73**).

Figura 73 - Conjunto de réguas linimétricas.



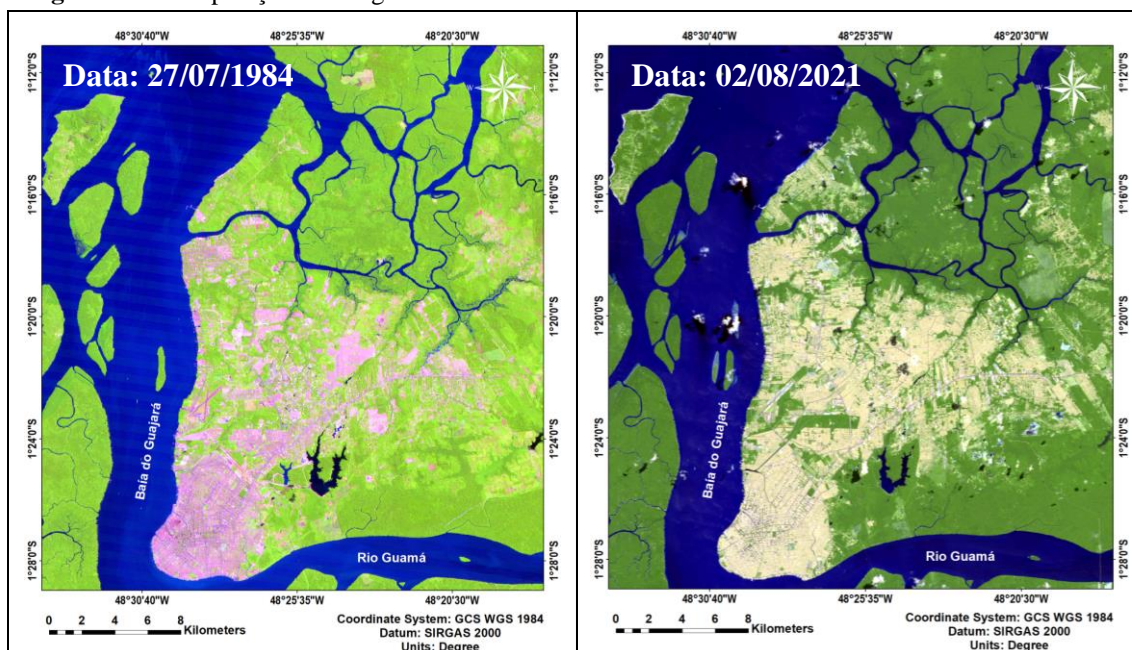
Fonte: Alves (2019).

Convém ressaltar que, para a coleta de solos, considerou-se viável, e mais fácil a operacionalização, se for realizada a retirada de material em um raio de 20,0 metros de cada poço, para encaminhamento das amostras ao laboratório. Justifica-se tal proposta também pelo fato de poder correlacionar as concentrações de elementos e substâncias químicas no solo e nas águas subterrâneas.

Com o intuito de reforçar o sistema de monitoramento convencional proposto, recomenda-se a criação de um banco de dados de imagens satelitais, as quais, segundo Aviz (2021), apoiam, por exemplo, pesquisas em busca de determinar o estado de eutrofização e a infestação por macrófitas aquáticas em ambientes lânticos (lagos, lagos e reservatórios). Além disso, o referido autor relata que os sensores dos satélites se constituem em uma nova matriz de informações, com grande potencial para auxiliar estudos quali-quantitativos de dados ambientais. No caso do PEUt, vislumbra-se a possibilidade de usar esta tecnologia para investigar, dentre outras coisas, a evolução espaço-temporal da paisagem na RMB, as ocupações irregulares e o aumento da pressão territorial à UC, como também a hipótese de a

pluma de chorume do lixão do Aurá estar fluindo para o Rio Guamá, sobretudo nos períodos de maré baixa, o que pode comprometer a qualidade das águas da área protegida, pois os mananciais necessitam de água do referido rio para abastecer parte da RMB (Figura 74).

Figura 74 - Composição de imagens de satélite de Belém: 1984 e 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.5 SISPEUt: Interface com o usuário

Em harmonia com os requisitos e arquitetura propostos para o sistema, apresenta-se a seguir um modelo de interação com o usuário, no qual prevê-se a realização deste processo através das seguintes atividades: Conhecendo o Sistema, Realizando Pesquisas, Visualizando Mapas, Contatando a Administração do Parque e Acessando o Portal de órgãos/instituições parceiras ou afins.

7.5.1 Conhecendo o SISPEUt

De acordo com o requisito de usabilidade de um sistema de informação (PINTO *et al.*, 2019), elaborou-se um modelo de cores, imagens, fontes e menus, para definir o SISPEUt como um produto tecnológico associado ao Parque Estadual do Utinga, que tem a relevante finalidade de apoiar e subsidiar os esforços de toda a sociedade na busca da preservação da qualidade ambiental desta Unidade de Conservação.

Em consonância com a estrutura de cliente-servidor do sistema, torna-se necessário a criação de um *site* eletrônico na *internet*, vinculado ao IDEFLOR-Bio, para que o usuário possa ter acesso remotamente às funcionalidades do SISPEUt. Adicionalmente, sugere-se a

criação de uma página no *facebook* e de um endereço no *instagram*, com o intuito de permitir o acesso ao maior número possível de usuários, através das citadas redes sociais, tal qual procedimentos de difusão de informações adotados pela ANA e pela CETESB (ANA, 2023; CETESB, 2023).

Na **Figura 75** apresenta-se uma ideia de página inicial para navegação no sistema. É importante frisar que na parte inferior da mesma foram inseridos os entes públicos considerados parceiros ou afins, para que o usuário possa contar com informações complementares quando os dados do SISPEUt não forem suficientes para o propósito de sua pesquisa.

Na **Figura 76** exhibe-se propriamente o sistema, as formas de se obter as informações e as bases em que o mesmo foi concebido.

Figura 75 - Tela inicial do SISPEUt.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 76 - Apresentação do SISPEUT.

PARQUE DO UTINGA Parque Estadual do Utinga Sistema de Informações Ambientais **SISPEUT**

Home
Apresentação
Pesquisas
Visualizar Mapas
Fale Conosco

O SISPEUT
É um sistema que visa fornecer informações que possibilitem avaliar a qualidade das águas e do solo do Parque Estadual do Utinga, para subsidiar a tomada de decisões em favor da proteção dos seus recursos naturais, do fomento à educação ambiental, da garantia à oferta hídrica aos habitantes da RMB e em apoio à cooperação entre os setores saneamento e saúde pública. Adicionalmente disponibiliza dados batimétricos dos lagos Bolonha e Água Preta, para subsidiar trabalhos diversos sobre estes mananciais. O sistema possibilita acessar também estudos realizados no âmbito do Parque ou que estejam a ele relacionados.

Obtendo informações
O usuário pode obter as informações através de pesquisa temática, com possibilidade de imprimir o resultado ou fazer download de planilhas e textos. Pode também visualizar, imprimir ou fazer download de figuras e mapas georreferenciados.

Bases normativa e legal do SISPEUT
Este sistema visa atender as Leis Federais nº 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente) e nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC); às orientações do Plano de Manejo da UC (monitoramento ambiental para pesquisa científica); ao Plano Diretor Urbano de Belém (alimentação do Sistema de Informações Municipais de Belém - SIB); ao Plano de Saneamento Básico da PMB (manutenção da atual oferta hídrica e futura ampliação da mesma); aos objetivos do Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (identificação de concentrações anômalas de substâncias e elementos químicos em regiões urbanas); aos procedimentos da Portaria GM/MS nº 888/2021; à cooperação com o Sistema de Vigilância de Epidemias; e aos objetivos do Programa Nacional de Educação Ambiental.

Logos: SGB, Prefeitura de Belém, ANANINDEUA, COSANPA, Ufra, Embrapa, UEPA, IDEFLOL-Bio, SESPA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.5.2 Realizando Pesquisas

Neste item, o usuário pode contar com a possibilidade de obter informações sobre as águas superficiais, águas subterrâneas, solos e de trabalhos realizados na UC, além de mapas associados a essas três variáveis ambientais.

Na **Figura 77** pode-se ver o menu de opções relacionadas às águas superficiais, e na **Figura 78** as opções para as águas subterrâneas.

Observa-se no primeiro modelo que as consultas podem ser feitas de forma simples, por corpo d'água (Lagos Bolonha e Água Preta) e parâmetros (físico-químicos, biológicos, nutrientes), associados a uma data (mês e ano). Além disso, existe a possibilidade de consultar os dados de forma conjunta, a partir da seleção de “saída integrada”, a qual requer, previamente, a escolha de uma data específica. Ademais, há a perspectiva de se obter perfis batimétricos dos lagos supracitados, através de consulta ordenada pela cronologia dos levantamentos.

Como ilustração apresenta-se, na **Figura 79**, uma sugestão de formato impresso para a aquisição de dados sobre as águas do Lago Água Preta, no qual todos os valores, inclusive a

data, são fictícios. Do mesmo modo pode-se observar na **Figura 80** um modelo de formato impresso para a aquisição de dados das águas subterrâneas.

Figura 77 - Opções de pesquisas para as águas superficiais.

Parque Estadual do Utinga
Sistema de Informações Ambientais

SISPEUt

Águas Superficiais (para ver os pontos de monitoramento, acessar “Visualizar Mapas”)

Home

Apresentação

Pesquisas

Águas superficiais

Águas subterrâneas

Solos

Trabalhos Associados

Visualizar Mapas

Fale Conosco

Parâmetros físico-químicos

Arsênio (As) <input type="radio"/>	Manganês (Mn) <input type="radio"/>	⁽²⁾ O ₂ <input type="radio"/>
Cádmio (Cd) <input type="radio"/>	Níquel (Ni) <input type="radio"/>	⁽³⁾ CE <input type="radio"/>
Cromo (Cr) <input type="radio"/>	Chumbo (Pb) <input type="radio"/>	Turbidez <input type="radio"/>
Cobre (Cu) <input type="radio"/>	Zinco (Zn) <input type="radio"/>	Temperatura <input type="radio"/>
Ferro (Fe) <input type="radio"/>	Sólidos Susp. <input type="radio"/>	pH <input type="radio"/>
Fluór (F) <input type="radio"/>	⁽¹⁾ DBO <input type="radio"/>	Salinidade <input type="radio"/>

Dados integrados

Parâmetros Biológicos

Escherichia Coli

SARS-CoV-2

Flavivirus causador da Dengue

Zica Virus

Virus *chikungunya* (CHIKV)

Flavivirus causador da Febre Amarela

Cianotoxinas⁽⁴⁾

Dados integrados

Nutrientes

Fósforo Total

Nitrito

Nitrato

Nitrogênio Amôniaco

Dados integrados

ano

mês

Nota: ⁽¹⁾Demanda Bioquímica de Oxigênio.

⁽²⁾Oxigênio Dissolvido ⁽³⁾Condutividade Elétrica.

⁽⁴⁾Cilindroperompsinas, Microcistinas e Saxitoxinas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 78 - Opções de pesquisas para as águas subterrâneas.

Parque Estadual do Utinga
Sistema de Informações Ambientais

SISPEUt

Home

Apresentação

Pesquisas

Águas superficiais

Águas subterrâneas

Solos

Trabalhos Associados

Visualizar Mapas

Fale Conosco

Águas Subterrâneas (para ver os poços de monitoramento, acessar "Visualizar Mapas")

Pesquisa

Poço de monitoramento: Poço 01 Poço 02 Poço 03 Poço 04 Poço 05

Parâmetros físico-químicos			Parâmetros Biológicos			ano	mês	Buscar
Arsênio (As) <input type="radio"/>	Mercurio (Hg) <input type="radio"/>	⁽³⁾ OD <input type="radio"/>	<i>Escherichia Coli</i> <input type="radio"/>	2022	janeiro			
Cádmio (Cd) <input type="radio"/>	Níquel (Ni) <input type="radio"/>	⁽⁴⁾ CE <input type="radio"/>	<i>Clostridium Perfringens</i> <input type="radio"/>	2023	fevereiro			
Cromo (Cr) <input type="radio"/>	Chumbo (Pb) <input type="radio"/>	Turbidez <input type="radio"/>	Enterococos <input type="radio"/>		março			
Cobre (Cu) <input type="radio"/>	Zinco (Zn) <input type="radio"/>	Temperatura <input type="radio"/>	Estreptococos Fecais <input type="radio"/>		abril			
Ferro (Fe) <input type="radio"/>	⁽¹⁾ STD <input type="radio"/>	pH <input type="radio"/>	SARS-CoV-2 <input type="radio"/>		maio			
Manganês (Mn) <input type="radio"/>	⁽²⁾ DBO <input type="radio"/>	Salinidade <input type="radio"/>	Flavivirus causador da Dengue <input type="radio"/>		junho			
Dados integrados <input checked="" type="checkbox"/>			Zica Virus <input type="radio"/>		agosto			
			Virus <i>chikungunya</i> (CHIKV) <input type="radio"/>		setembro			
			Flavivirus causador da Febre Amarela <input type="radio"/>		outubro			
			Dados integrados <input checked="" type="checkbox"/>		novembro			
			Nutrientes		dezembro			
			Fósforo Total <input type="radio"/>					
			Nitrito <input type="radio"/>					
			Nitrato <input type="radio"/>					
			Nitrogênio Amoniacal <input type="radio"/>					
			Dados integrados <input checked="" type="checkbox"/>					

Nota: ⁽¹⁾Sólidos Totais Dissolvidos.
⁽²⁾Demanda Bioquímica de Oxigênio.
⁽³⁾Oxigênio Dissolvido ⁽⁴⁾Condutividade Elétrica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 79 - Modelo de impressão para dados integrados de águas superficiais.

Parque Estadual do Utinga
Sistema de Informações Ambientais do Parque Estadual do Utinga



SISPEUt

Variável: Água superficial	Corpo d'água: Lago Água Preta	Fonte e tipo de dado: Ponto de coleta	01	Integrado	X
-----------------------------------	--------------------------------------	--	-----------	------------------	----------

Parâmetros físico-químicos	Parâmetros Biológicos
Data da coleta: <u>10 / 01 / 2023</u>	Data da coleta: <u>10 / 01 / 2023</u>
As <u>0,25</u> (mg/L) Mn <u>1,2</u> (mg/L) Salinidade <u>0,005</u> (µg/L)	<i>Escherichia Coli</i> <u>8</u> coliformes por 100 mL de água
Cd <u>0,4</u> (mg/L) Ni <u>0,7</u> (mg/L) Sol. Susp. <u>0,008</u> (mg/L)	SARS-CoV-2* <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Cr <u>0,01</u> (mg/L) Pb <u>0,1</u> (mg/L) CE <u>3</u> (µS/cm)	Flavivírus para Dengue* <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Cu <u>0,003</u> (mg/L) Zn <u>3,2</u> (mg/L) Turbidez <u>2</u> (UNT)	Zica Vírus* <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Fe <u>0,5</u> (mg/L) DBO <u>5</u> (mg/L) T <u>25</u> (°C)	Vírus chikungunya (CHIKV)* <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
F <u>0,45</u> (mg/L) O ₂ <u>4,5</u> (mg/L) pH <u>5,6</u> -----	Flavivírus para Febre Amarela* <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Nutrientes Data da coleta: <u>10 / 01 / 2023</u>	Nota: *Se forem encontrados, notificar as autoridades de saúde pública.
Fósforo Total <u>2,3</u> (mg/L)	Cianotoxinas ↑ Data da coleta: <u>10 / 01 / 2023</u>
Nitrito <u>5,9</u> (mg/L)	Cilindropermopsinas <u>0,5</u> (µg/L)
Nitrato <u>12</u> (mg/L)	Microcistinas <u>0,5</u> (µg/L)
Nitrogênio Amoniacal <u>8,6</u> (mg/L)	Saxitoxinas <u>2</u> (µg/L)

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados fictícios.

Figura 80 - Modelo de impressão para dados integrados de águas subterrâneas.

 Sistema de Informações Ambientais do Parque Estadual do Utinga SISPEUt									
Variável:	Água subterrânea	Aquífero:	Barreiras	Fonte da informação:	Poço 01	Tipo de dado:	Integrado	X	
Parâmetros físico-químicos					Parâmetros Biológicos				
Data da coleta: 10 / 01 / 2023					Data da coleta: 10 / 01 / 2023				
Arsênio (As)	0,001 (mg/L)	Zinco (Zn)	0,006 (mg/L)	<i>Escherichia Coli</i> 0 coliformes por 100 mL de água					
Cádmio (Cd)	0 (mg/L)	STD	0,01 (mg/L)	<i>Clostridium Perfringens</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	<i>Enterococos</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Cromo (Cr)	0,008 (mg/L)	DBO	3,2 (mg/L)	<i>Streptococos Fecais</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	<i>SARS-CoV-2*</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Cobre (Cu)	0,001 (mg/L)	O ₂	6 (mg/L)	<i>Flavivírus da Dengue*</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Ferro (Fe)	3,2 (mg/L)	CE	0,05 (µS/cm)	<i>Zica Vírus*</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Manganês (Mn)	0,07 (mg/L)	Turbidez	5 (UNT)	<i>Vírus chikungunya (CHIKV)*</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Merúrio (Hg)	0,002 (mg/L)	Temperatura	28 (°C)	<i>Flavivírus da Febre Amarela*</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Níquel (Ni)	0,7 (mg/L)	pH	5,9 -----	Nota: *Se forem encontrados, notificar as autoridades de saúde pública.					
Chumbo (Pb)	0 (mg/L)	Salinidade	0,003 (mg/L)						
Nutrientes					Data da coleta: 10 / 01 / 2023				
Fósforo Total	2,5 (mg/L)	Nitrito	6,4 (mg/L)	Nitrato	12 (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal	3,4 (mg/L)		

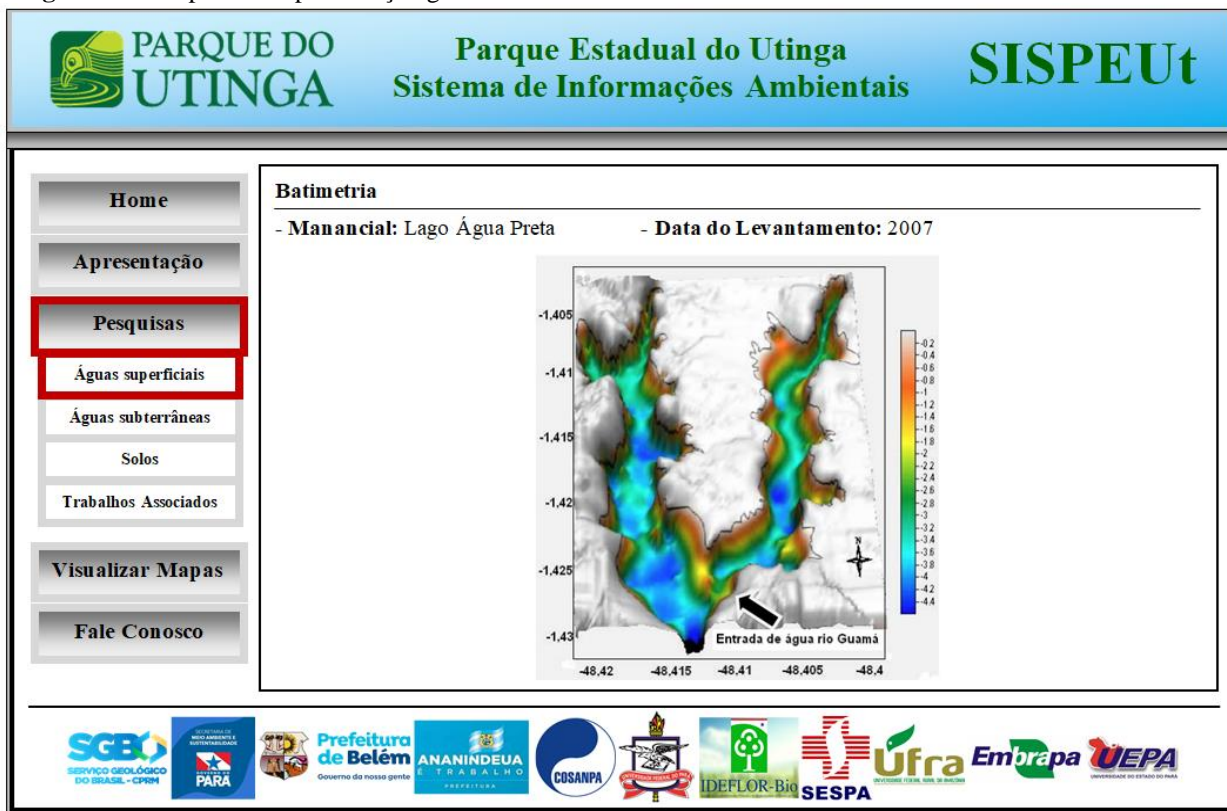
Fonte: Elaborado pelo autor, com dados fictícios.

Com relação às duas últimas figuras é oportuno ressaltar o destaque dado aos resultados positivos dos agentes virais, pois, caso isso ocorra, na proposta do sistema está prevista a possibilidade de entrar em contato com as autoridades de saúde pública, através do Portal da Secretaria de Estado de Saúde Pública do Pará (SESPA), para efetuar a notificação.

Esta previsão de intercâmbio de informações mostra o compromisso do SISPEUt em colaborar com a ação conjunta dos setores saneamento e saúde pública, na busca de melhorar a qualidade de vida da população da RMB.

No que diz respeito aos levantamentos batimétricos, na **Figura 81** pode-se observar uma configuração gráfica idealizada para a apresentação das sondagens previstas para os lagos Bolonha e Água Preta. O exemplo que ilustra a citada figura foi retirado do trabalho de Sodré (2007).

Figura 81 - Proposta de apresentação gráfica da batimetria dos mananciais do PEUt.



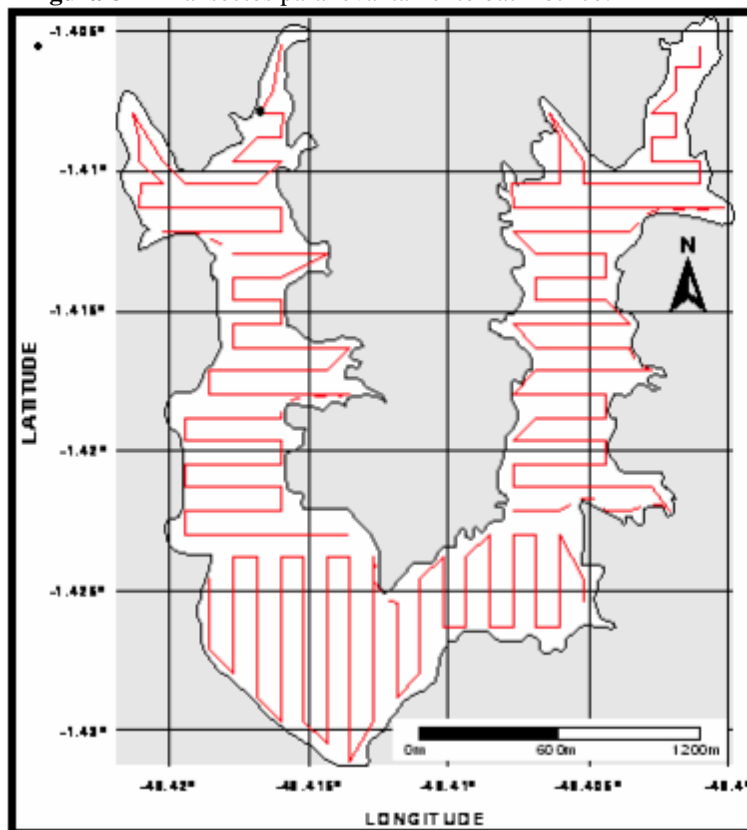
Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações de Sodré (2007).

  importante frisar que a arquitetura proposta para o SISPEUt permite que sejam gerados mapas, cartas e figuras georreferenciados, na *internet*, através da intera o entre os softwares livres descritos por Lima e Branco (2010). Além disso, o sistema prevê a possibilidade de o usuário obter os dados através do download de planilhas e textos, como está apresentado na **Figura 77**, em sua extremidade inferior direita.

Vale ressaltar que a apresenta o gráfica da batimetria dos lagos, tal qual exibido na figura anterior,   mais elucidativa na compara o entre sucessivos levantamentos, por se tratar de cores representativas de profundidades, ou cotas, e não simplesmente valores numéricos, exibidos em tabelas ou textos. Assim, na própria exibi o em tela o usuário pode fazer uma análise da evolu o morfológica dos lagos.

Sodré (2007) gerou a carta batimétrica supracitada a partir dos transectos definidos na **Figura 82**. Assim sendo, para os levantamentos per dicos nos lagos Bolonha e  gua Preta, sugere-se a mesma metodologia, com o uso do ADCP.

Figura 82 - Transectos para levantamento batimétrico.



Fonte: Sodré (2007).

Para a pesquisa de solos, foi elaborada a apresentação da **Figura 83**, onde observa-se a simplicidade em acessar as informações sobre os teores dos elementos químicos presentes na superfície do terreno do PEUt. Na **Figura 84** está exposto um modelo de impresso para a aquisição dos dados.

Figura 83 - Opções de pesquisas para os solos.

Parque Estadual do Utinga
Sistema de Informações Ambientais

SISPEUt

Home

Apresentação

Pesquisas

Águas superficiais

Águas subterrâneas

Solos

Trabalhos Associados

Visualizar Mapas

Fale Conosco

Solos (para ver os pontos de monitoramento, acessar “Visualizar Mapas”)

Pesquisa

Ponto de Coleta de Solo	Elementos Químicos	ano	mês	Buscar
PCS 01 <input type="radio"/>	Alumínio (Al) <input type="radio"/> Cromo (Cr) <input type="radio"/>	2022	janeiro	
PCS 02 <input type="radio"/>	Arsênio (As) <input type="radio"/> Ferro (Fe) <input type="radio"/>	2023	fevereiro	
PCS 03 <input type="radio"/>	Cádmio (Cd) <input type="radio"/> Manganês (Mn) <input type="radio"/>		março	
PCS 04 <input type="radio"/>	Chumbo (Pb) <input type="radio"/> Níquel (Ni) <input type="radio"/>		abril	
PCS 05 <input type="radio"/>	Cobre (Cu) <input type="radio"/> Zinco (Zn) <input type="radio"/>		maio	
			junho	
			julho	
			agosto	
			setembro	
			outubro	
			novembro	
			dezembro	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 84 - Modelo de impressão para dados integrados de solos.

PARQUE DO UTINGA Sistema de Informações Ambientais do Parque Estadual do Utinga SISPEUt											
Variável:	Solo	Fonte e tipo de dado:	PCS 01	PCS 02	PCS 03	PCS 04	PCS 05	Integrado			
Parâmetros químicos		Data da coleta: 10 / 01 / 2023		Nota: PCS - Ponto de Coleta de Solo							
PCS (mg/kg)	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn	
01	0,1	0,1	0,003	0	0,001	0,002	0,2	0	0,003	0	
02	0	0	0,001	0,005	0,015	0,025	0,6	0,007	0	0,001	
03	0,002	0,003	0	0	0	0	0,1	0,025	0,002	0	
04	0	0,06	0,008	0	0,01	0,002	0,6	0	0	0,008	
05	0,003	0	0	0,008	0,008	0	0,25	0,003	0,012	0,004	

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados fictícios.

Na opção de pesquisa “Trabalhos Associados”, apresenta-se a proposta de o usuário obter informações compiladas do Google Acadêmico (de livre consulta ou acesso) sobre o PEUt, na tentativa de proporcionar mais uma facilidade quanto à obtenção de conhecimentos e produtos gerados a partir da UC ou para ela. Com isso espera-se agregar valor ao SISPEUt, além de qualifica-lo como um produto tecnológico que indiretamente se retroalimenta, ou seja, é capaz de fomentar ou subsidiar pesquisas que podem ser introduzidas no sistema, em

comum acordo com os autores, tornando este uma ferramenta sempre atualizada em termos de disponibilidade de novos conhecimentos (**Figura 85**).

Figura 85 - Opção de pesquisa sobre trabalhos associados ao PEUt.

The screenshot shows the SISPEUt website interface. At the top, there are logos for 'PARQUE DO UTINGA', 'Parque Estadual do Utinga Sistema de Informações Ambientais', and 'SISPEUt'. On the left, a navigation menu includes 'Home', 'Apresentação', 'Pesquisas' (highlighted with a red box), 'Águas superficiais', 'Águas subterrâneas', 'Solos', 'Trabalhos Associados' (highlighted with a red box), 'Visualizar Mapas', and 'Fale Conosco'. The main content area is titled 'Trabalhos associados ao PEUt' and contains an 'Apresentação' section with text about Google Scholar access. Below this is a section 'Publicações relacionadas ao uso e qualidade das águas e do solo do PEUt' with a list of publications from 2010 to 2021, each with a title, year, type, and icons for PDF and HTML access.

Ano	Tipo	Título	Ícone PDF	Ícone HTML
2010	Artigo	Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga – Belém (PA)	📄	📄
2011	Artigo	Diagnóstico sobre contaminação das águas subterrâneas na área do Parque Estadual do Utinga, Belém-PA, pelos métodos elétrico e eletromagnético	📄	📄
2015	Artigo	Análise de índices de qualidade da água no manancial de abastecimento da cidade de Belém PA, Lago Água Preta	📄	📄
2017	Tese	Avaliação Hidrogeológica e Ambiental do Sistema Hídrico na Área do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará	📄	📄
2017	Dissertação	Dinâmica do uso do solo e a vegetação em unidades de proteção integral: o Parque Estadual Utinga, no estado do Pará-Brasil	📄	📄
2020	Artigo	Comportamento das variáveis físico-químicas da água do Lago Bolonha-Belém-PA	📄	📄
2021	Artigo	Análise multitemporal da cobertura do solo do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará	📄	📄

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.5.3 Visualizando Mapas

Neste tópico idealizou-se a possibilidade de o usuário fazer consultas aos pontos ou locais de monitoramento e gerar mapas temáticos.

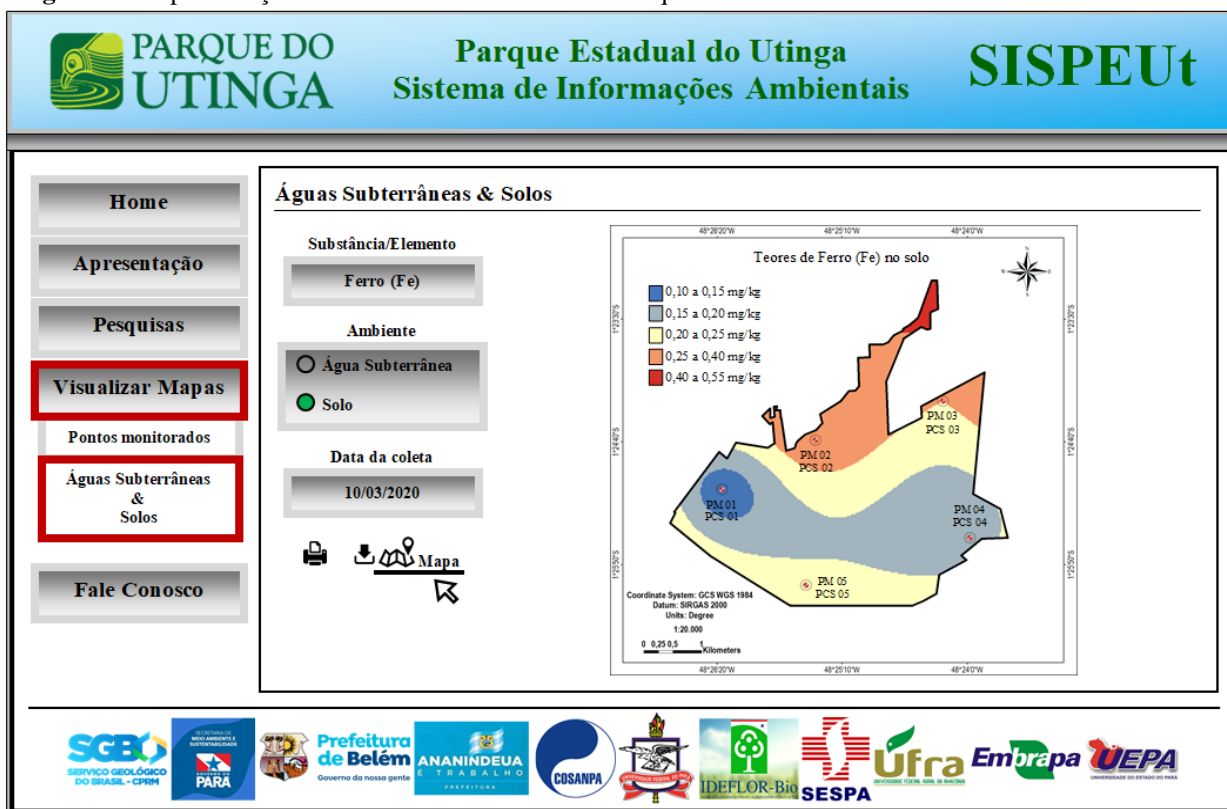
Na **Figura 86** apresenta-se uma ideia de exibição das características gerais dos pontos de monitoramento. Já nas **Figuras 87** e **88** pode-se ver formulações de mapas para expor a concentração de elementos ou substâncias químicas presentes no solo e nas águas subterrâneas, através de cores associadas a intervalos numéricos, sendo que, em ambos os casos, as figuras mostram um exemplo de apresentação de teores de Ferro (Fe) nos citados compartimentos ambientais.

Figura 86 - Apresentação dos pontos de monitoramento.



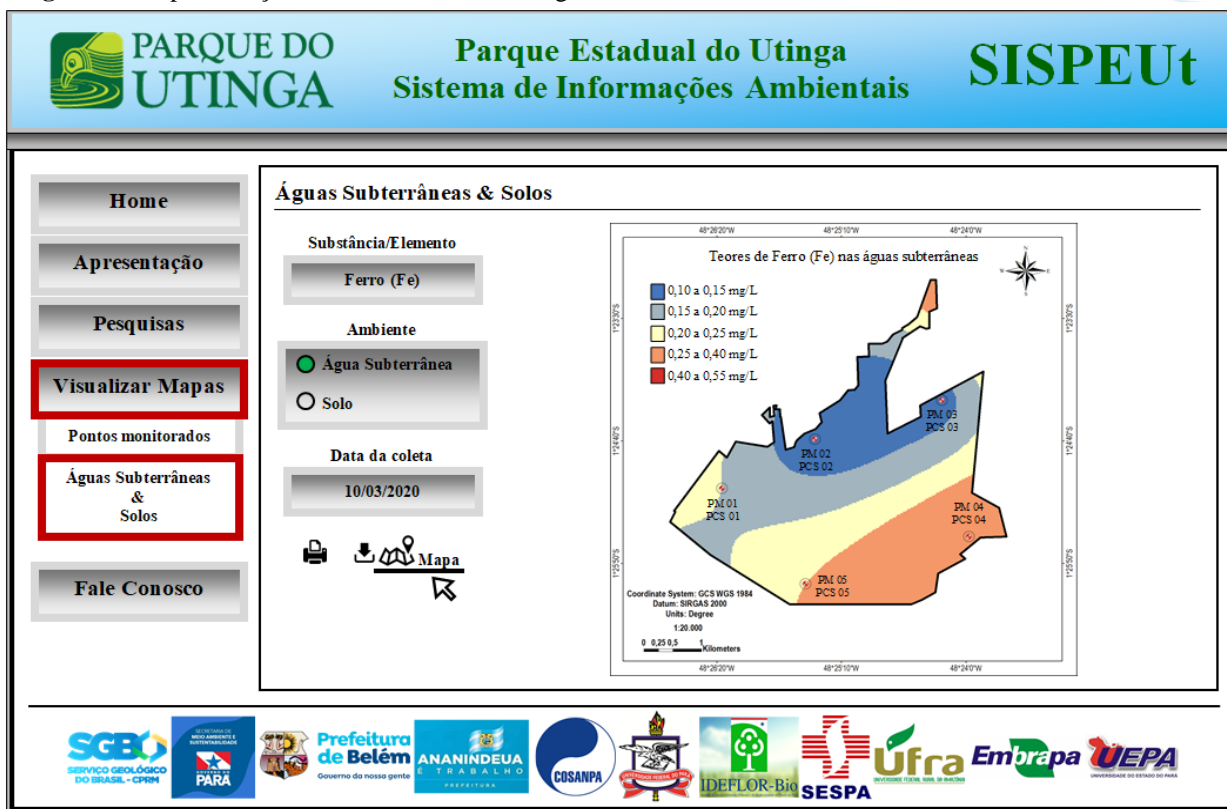
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 87 - Apresentação de teores de Ferro no solo do Parque.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados fictícios.

Figura 88 - Apresentação de teores de Ferro nas águas subterrâneas.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados fictícios.

7.5.4 Contatando a Administração do Parque

De acordo com as funcionalidades dos sistemas de monitoramento analisados neste trabalho (SNIRH, SIAGAS, RIMAS, SEIRH, SINIMA e CETESB), é importante colocar em lugar bem visível a opção de entrar em contato com os responsáveis pela administração dos mesmos, para esclarecer dúvidas, fazer críticas e dar sugestões. Tal opção se apresenta, principalmente, como: “Canais de Comunicação”, “Fale Conosco” e “Serviço de Atendimento ao Usuário”.

Com o SISPEUt não poderia ser diferente! Assim sendo, elaborou-se um exemplo de canal de comunicação, a partir das informações constantes no Portal do IDEFLOR-Bio, órgão gestor do Parque, para que o usuário possa interagir com os responsáveis pela operacionalização do sistema (**Figura 89**).

Figura 89 - Proposta de canal de atendimento ao usuário.

The screenshot shows the SISPEUt website interface. At the top, there are logos for 'PARQUE DO UTINGA', 'Parque Estadual do Utinga Sistema de Informações Ambientais', and 'SISPEUt'. On the left, a navigation menu includes 'Home', 'Apresentação', 'Pesquisas', 'Visualizar Mapas', and 'Fale Conosco' (highlighted with a red border). The main content area is titled 'Serviço de Atendimento ao Usuário' and contains the following text:

Entre em contato com o Serviço de Atendimento ao Usuário do SISPEUt, para tratar de assuntos referentes às funcionalidades do sistema, para dar sugestões ou fazer reclamações.

O Serviço está sob a coordenação do IDEFLOR-Bio, órgão gestor do PEUt, que disponibiliza os seguintes canais de comunicação:

- E-mail: comunicacao.ideflorbio@gmail.com
- Telefone: (91) 3342-2630
- Endereço: Avenida João Paulo II, s/n, Curió-Utinga, CEP: 66610-770, Belém-PA

(Fonte: <http://www.ideflorbio.pa.gov.br/>. Acesso em: 18 mar. 2022)

Caso os canais de comunicação estejam inoperantes, entre em contato com a Ouvidoria do SISPEUt:

- E-mail: ouvidoria_sispeut@gmail.com*

* Endereço eletrônico fictício.

At the bottom of the page, there is a row of logos for various partner organizations: SGB, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Governo do Estado do Pará, Prefeitura de Belém, ANANINDEUA, COSANPA, IDEFLOR-Bio, SESP, Ufra, Embrapa, and UEPA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que a intenção deste canal de comunicação é pura e simplesmente aprimorar cada vez mais o sistema, para possibilitar um melhor atendimento às necessidades das pessoas que acessem o Portal do SISPEUt e as informações disponíveis.

7.5.5 Acessando o Portal de órgãos/instituições parceiras ou afins

A proposta de sistema de monitoramento e difusão de informações ora apresentada, foi concebida segundo um modelo que privilegia tanto o intercâmbio de informações, quanto a consulta a instituições que trabalham com o tema, ou que tem afinidade com o PEUt e seus objetivos. Atendendo a uma orientação atual, integrou-se a este grupo de organismos aquele responsável, no Estado do Pará, pela execução da Política Estadual de Saúde e pela avaliação das ações de saúde, no sentido de assegurar a prevenção, recuperação e promoção da saúde pública (PARÁ, 2023). Tal orientação se deve à necessidade de agir preventivamente quanto à possibilidade de aparecimento de surtos de doenças infecciosas emergentes, em especial aquelas causadas por vírus.

Neste sentido, Wu, Li e Lu (2022) afirmam que o combate a doenças infecciosas emergentes deve ser multidisciplinar e multissetorial, com a colaboração mútua regional no

alerta prévio de surtos detectados, ou relativamente à identificação de agentes patológicos nas águas naturais e nos esgotos, principalmente.

Assim sendo, na idealização da interface com o usuário, foram consideradas as instituições apresentadas na **Figura 90** como aquelas que possuem comprovada associação com o SISPEUt. Estima-se que no Portal das mesmas o usuário poderá ter acesso a outras informações, complementares ou não, àquelas acessíveis no sistema proposto.

Figura 90 - Instituições associadas à UC ou ao sistema proposto.



Fonte: elaborado pelo autor.

De modo a comprovar as associações supracitadas, apresenta-se a seguir uma síntese da atuação de cada entidade no âmbito dos objetivos e/ou serviços prestados pelo PEUt, o que, conseqüentemente, tende a criar um certo vínculo dessas instituições com o sistema de monitoramento ambiental projetado para a área protegida.

- **Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM):** Responsável pela operação da maior parcela da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), do SIAGAS e da RIMAS, portanto, executa o monitoramento quali-quantitativo das águas no território nacional (SGB-CPRM, 2022b). O monitoramento das águas superficiais e subterrâneas está previsto no Plano de

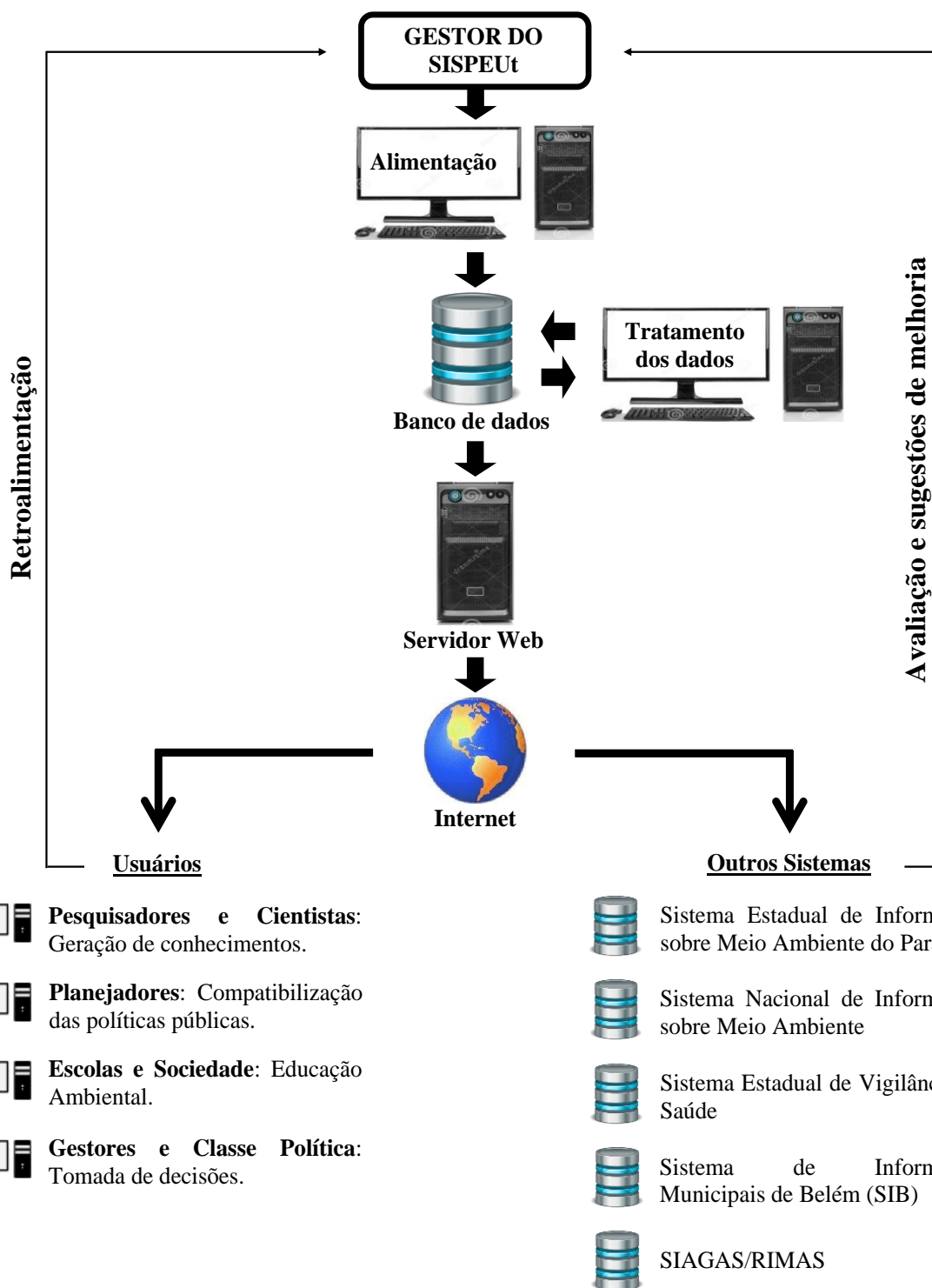
Manejo do PEUt. Então, em função disso, é estabelecida uma afinidade entre o SGB-CPRM e a UC.

- **Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS):** Órgão ambiental do Pará, cuja atuação compreende a implementação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), de acordo com o Artigo 6º da Lei 9.985, de 18/07/2000 (BRASIL, 2000). Esta Lei rege a criação do PEUt e as atividades permitidas em seu interior.
- **Prefeitura de Belém:** Tem em seu Plano Diretor Urbano (PDU-Belém) definidas as políticas de desenvolvimento econômico, de resíduos sólidos, meio ambiente, de saneamento ambiental integrado e educação, as quais estão associadas aos serviços fornecidos pelo PEUt (BELÉM, 2008).
- **Prefeitura de Ananindeua:** O seu Plano Diretor Urbano tem, praticamente, a mesma configuração do PDU-Belém (ANANINDEUA, 2006).
- **Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA):** Utiliza as águas dos lagos Bolonha e Água Preta para abastecer entre 41,0% e 70,0% da RMB (ANA, 2018a; PARÁ, 2019).
- **Universidade Federal do Pará (UFPA):** Tem como um dos seus princípios a defesa dos direitos humanos e a preservação do meio ambiente, e como finalidade, formar e qualificar profissionais nas diversas áreas do conhecimento, que contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população Amazônida. Ademais, busca produzir ciência e tecnologia para promover o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região (UFPA, 2006). Neste contexto o PEUt engaja-se como um laboratório para pesquisas e estudos multidisciplinares.
- **IDEFLOR-Bio:** “Exerce a gestão das florestas públicas visando a produção sustentável e a preservação da biodiversidade. Executa as políticas de preservação, conservação e uso sustentável da biodiversidade, da fauna e da flora terrestres e aquáticas no Estado” (PARÁ, [2022?c]). Constitui-se no órgão gestor do PEUt, e é responsável pela implementação do Plano de Manejo da UC.
- **Secretaria de Estado de Saúde Pública (SESPA):** Como descrito anteriormente, é o órgão responsável pela implementação das políticas de saúde pública no Estado do Pará (PARÁ, 2023). Na atual conjuntura sanitária global, a cooperação intersetorial é uma estratégia de vigilância sanitária e combate às doenças infecciosas emergentes (WU; LI; Lu, 2022). Desta forma, o SISPEUt pode ser uma grande ferramenta para fomentar a atuação conjunta dos setores saneamento e saúde pública.

- **Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA):** Tal qual a UFPA, esta instituição de ensino superior tem o compromisso na formação do cidadão voltada para a preservação da Amazônia. Além disso, tem a finalidade de disponibilizar serviços à comunidade que colaborem com o progresso sustentável da região. Ademais, possui a missão de produzir e difundir o conhecimento, baseado na investigação científica, que propicie a relação ética do ser humano com o meio em que vive (UFRA, 2003). Como mencionado anteriormente, o PEUt engaja-se, neste contexto, como um laboratório para pesquisas e estudos multidisciplinares.
- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa):** Segundo o Plano Diretor da Empresa, a mesma tem como princípio básico o fomento à sustentabilidade ambiental, com especial atenção à preservação de mananciais, de florestas nativas e da biodiversidade. Busca desenvolver a Amazônia de forma integral, através de tecnologias de ponta e novos conhecimentos, os quais possam incentivar e/ou promover, dentre outras coisas, o crescimento do turismo ecológico e o bem estar das populações urbanas e rurais (Embrapa, 2020). Pelo exposto, conclui-se que há uma forte relação entre a Embrapa e o PEUt, na medida em que ambos estão conectados à preservação dos recursos naturais e ao desenvolvimento sócio-econômico-ambiental da população, nos meios urbano e rural.
- **Universidade do Estado do Pará (UEPA):** A missão desta instituição de ensino superior é: “Produzir, difundir conhecimentos e formar profissionais éticos, com responsabilidade social, para o desenvolvimento sustentável da Amazônia”. Dentre seus valores, a ética, a parceria, a integração, a inovação e o trabalho em equipe mostram o compromisso da mesma em compor grupos interinstitucionais e multidisciplinares que construam novos conhecimentos e soluções para os problemas de uma sociedade moderna, em pleno progresso (UEPA, 2022). Deste modo, observa-se que a UEPA pode contar com as informações extraídas do PEUt, para formar cidadãos comprometidos com a questão ambiental, e ao mesmo tempo engajar-se aos grupos que desenvolvem respostas aos problemas cotidianos da RMB.

Na concepção desta proposta de modelo de sistema de monitoramento, foi idealizada uma interoperacionalidade como a exposta na **Figura 91**, a qual apresenta também a forma como pensou-se a retroalimentação, a atualização e o aprimoramento do sistema.

Figura 91 - Estrutura relacional da proposta do SISPEUt.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o presente guia de instruções, o qual foi estruturado para proporcionar uma alternativa de referência com vistas à concepção, instalação e operacionalização da proposta do SISPEUt, o investimento inicial deve ser significativo, devido, principalmente, à necessidade de executar obras estruturais e adquirir equipamentos de medição e informática.

Assim sendo, na intenção de demonstrar a afirmação anterior, fez-se uma simulação orçamentária de um hipotético Termo de Cooperação Técnica entre o Serviço Geológico do Brasil e o IDEFLOR-Bio, cujo objeto seria: A instalação e operacionalização do SISPEUt, no período de janeiro a dezembro de 2023, conforme as referências expostas no presente trabalho. Nesta perspectiva, foi possível construir os **Quadros 18 e 19**, com base nas informações operacionais e orçamentárias da RHN, SIAGAS e RIMAS, bem como de acordo com a proposta de periodicidade dos levantamentos e medições descrita no **Quadro 17**.

Vale ressaltar que no **Quadro 19** não está prevista a contratação de empresa de desenvolvimento de software, para a criação do SISPEUt *web*, em consonância com a estrutura proposta neste trabalho. Tal ação deverá ficar a cargo do gestor/administrador do sistema.

Quadro 18 - Previsão de gastos com a proposta de instalação e operacionalização do SISPEUt.

Termo de Cooperação Técnica SGB-CPRM/IDEFLOR-Bio		UR Belém	PROJETO Monitoramento Ambiental										PERÍODO janeiro a dezembro/2023
ELEMENTO DE CUSTO	MESES - Valores em Reais (R\$)												TOTAL ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Pessoal		22.550	28.188	90.200	28.188	28.188	28.188	22.550	67.650	22.550	22.550	22.550	383.350
Diárias			915	4.575	915	915	915		1.830				10.065
Encargos sobre Diárias			468	2.338	468	468	468		935				5.143
Veículos													
Material de Consumo			800	850					750				2.400
Equipamento			112.500										112.500
Serviços de Apoio													
Pass. e Desp. com Locomoção				1.000					400				1.400
Pessoa Física		2.280	2.280	5.880	2.280	2.280	2.280	2.280	4.080	2.280	2.280	2.280	30.480
Pessoa Jurídica		520	53.020	54.470	50.520	50.520	50.520	520	7.070	520	520	520	268.720
Obrig. Tribut. e Contributivas		456	456	1.176	456	456	456	456	816	456	456	456	6.096
Total		25.806	198.626	160.489	82.826	82.826	82.826	25.806	83.531	25.806	25.806	25.806	820.154
Custeio		3.256	170.439	70.289	54.639	54.639	54.639	3.256	15.881	3.256	3.256	3.256	436.804

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações da RHN, SIAGAS e RIMAS.

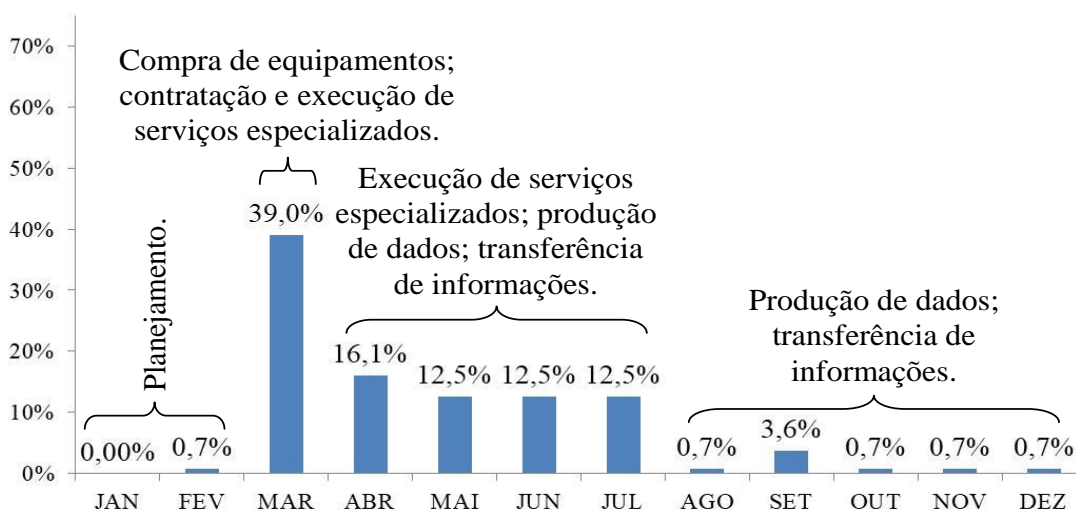
Quadro 19 - Previsão de atividades mensais.

Termo de Cooperação Técnica (TCT) SGB-CPRM/IDEFLOR-Bio	UR		PROJETO									
	Belém		Monitoramento Ambiental									
ATIVIDADE	M E S E S											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Oficialização do TCT												
Planejamento das ações												
Aquisição de equipamentos												
Contratação de serviços laboratoriais												
Contratação de perfuração de poços												
Perfuração de poços												
Contratação estagiário												
Produção de informações SISPEUt												
Manutenção da estrutura física												
Alimentação do sistema												

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações da RHN, SIAGAS e RIMAS.

No **Quadro 19** é possível observar que nos primeiros sete meses encontram-se os maiores desembolsos relativos ao custeio, ou seja, a parte de responsabilidade do IDEFLOR-Bio. Então, com a finalidade de demonstrar a correlação entre a previsão de gastos relativos mensais e as atividades previstas na proposta do Termo de Cooperação Técnica, apresenta-se a **Figura 92** a seguir.

Figura 92 - Estimativas de gastos mensais relativos, para viabilizar a proposta do SISPEUt.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Do exposto na última figura, pode-se afirmar que apesar do custo inicial elevado nos primeiros sete meses, existe a previsão de que no segundo semestre os valores mensais se estabilizem entre 0,7% e 3,6% do custo anual do projeto, sendo estes relativos,



majoritariamente, à produção de dados e transferência de informações ao IDEFLOR-Bio, que teria a responsabilidade de difundi-los à sociedade. Vale ressaltar que nos anos posteriores os custos do sistema ficarão restritos apenas ao levantamento, armazenamento, consolidação e difusão das informações, ou seja, deverão permanecer neste mesmo patamar de gastos.

Ademais, o esforço de colocar o sistema em operação pode representar um avanço em termos de conhecimentos sistemáticos e confiáveis sobre a qualidade das águas e do solo do Parque, algo que na atualidade é fundamental nos centros urbanos, para definir políticas progressistas aliadas ao desenvolvimento sustentável.

Vale ressaltar que o engajamento entre o IDEFLOR-Bio, a SEMAS/PA e as Prefeituras de Belém e Ananindeua, no sentido de referendar e apoiar a implantação desta proposta de monitoramento, é fundamental para que o órgão gestor do Parque possa proporcionar à comunidade o conhecimento sobre a área protegida que venha servir de subsídio para a discussão entre a sociedade e o poder público, que objetive harmonizar a relação entre o cidadão urbano e a proteção dos recursos naturais, debate talvez mais controverso na atualidade, relacionado ao cotidiano das grandes metrópoles.



8 CONCLUSÃO

O Parque Estadual do Utinga é uma autêntica porção da floresta Amazônica no centro urbano de Belém. Por este motivo, e pelo fato de representar um espaço territorial de grande relevância para a população, no que diz respeito ao abastecimento de água, turismo ecológico, educação ambiental, além de esporte e lazer, deve receber o tratamento compatível com esta realidade, por toda a sociedade da RMB. Adicionalmente, a sua classificação como Unidade de Proteção Integral garante, segundo o SNUC, a preservação, por parte do Estado, de seus recursos naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável a partir do uso consciente desses recursos.

Os elementos expostos neste trabalho revelam que tanto o Estado quanto a população da RMB não estão agindo sinergicamente no sentido de preservar o PEUt. As políticas públicas de saneamento ambiental (habitação, saneamento básico, drenagem, resíduos sólidos, etc...) são falhas e não há medidas concretas em prol do levantamento qualitativo, sistemático e contínuo, dos elementos ambientais que em primeiro lugar são impactados pelas ações antrópicas que poluem e contaminam o meio físico: as águas e o solo. Isso desrespeita o que preconiza o SNUC, já que um dos seus objetivos é: “proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental em Unidades de Conservação” (BRASIL, 2000). Tal medida visa gerar novos conhecimentos, com o fito de promover e incentivar a proteção dos recursos naturais no território brasileiro. Estes conhecimentos, como já descrito anteriormente, são basilares na análise ambiental que vai permitir a adoção de medidas garantidoras dos objetivos da UC, da proteção física da mesma e dos ecossistemas correlatos, como também do desenvolvimento socioeconômico da população na sua área de influência.

Neste contexto o Guia de Instruções apresentado para viabilizar o SISPEUt vem proporcionar uma alternativa de preenchimento desta lacuna, no que diz respeito à perspectiva de geração de conhecimentos sobre a qualidade dos recursos naturais do Parque, mais precisamente das águas e do solo, bem como sobre as mudanças morfológicas nos lagos Bolonha e Água Preta, principais fornecedores de água para Belém e região metropolitana.

O fato de o PEUt estar localizado na zona de maior recarga dos aquíferos Barreiras e Pirabas traz uma posição de maior relevância ainda ao sistema de monitoramento proposto neste trabalho, pois as informações possivelmente geradas trarão mais clareza quanto à qualidade das águas subterrâneas na área onde a infiltração é mais volumosa (ANA, 2018b). Tal afirmação permite deduzir que na origem da fase subterrânea das águas que precipitam

sobre a RMB será possível aferir a sua qualidade, o que funcionará como um indicador de outras fontes de contaminação difusas ao longo da percolação dessas águas. Ressalta-se que isso representa uma grande contribuição para outros sistemas de monitoramento, como o SIAGAS e a RIMAS, por exemplo.

Além disso, a implementação da proposta apresentada neste trabalho poderá trazer benefícios à COSANPA, que utiliza águas subterrâneas no abastecimento de parte da população da RMB, na medida em que os dados gerados terão a capacidade de melhorar a avaliação qualitativa das águas distribuídas à comunidade. Em uma abordagem mais abrangente, pode-se afirmar que o projeto de ampliação da oferta hídrica, previsto no Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB Belém (BELÉM, 2020), também poderá contar com uma importante base de referência, representada pelo conjunto de dados com prognóstico de serem levantados, sistematizados e divulgados à sociedade através do SISPEUt.

Partindo do pressuposto que as instituições responsáveis pela administração e gestão da área protegida necessitem de maiores detalhes sobre os benefícios da estrutura proposta através do Guia de Instruções ora apresentado, coloca-se em evidência, no rol de vantagens oferecidas pelo SISPEUt, o apoio e o subsídio ao mapeamento geoquímico de drenagens e solos em zonas urbanas, para identificar elementos traços e compostos inorgânicos oriundos de lixões, cemitérios, aterros sanitários e de outras atividades humanas. Além dos espaços urbanos, áreas de preservação ambiental e zonas de recargas de aquíferos poderão ser alvo deste diagnóstico (CPRM-SBG, 2003). Isto trará importantes esclarecimentos sobre o nível de comprometimento das águas e do solo do Parque (se for o caso), situação esta que poderá ser relacionada à existência dos empreendimentos e estruturas ao redor dele. Com isso, o poder público terá no sistema um grande aliado na harmonização das políticas urbanas com a preservação da área.

No âmbito das inter-relações organizacionais e da intersetorialidade, é possível aferir que os resultados desta pesquisa configuram um avanço no sentido da proposição de trabalho colaborativo entre os serviços de saneamento básico e vigilância epidemiológica, pois fomentam a investigação microbiológica de atenção mútua, algo de grande interesse social devido à importância da ação preventiva para evitar o crescimento de casos de infecções, internações hospitalares e óbitos na RMB, de acordo com BELÉM (2017) e PARÁ (2022). Este modelo de atuação vem ao encontro de uma demanda atual nas grandes cidades, cujo crescimento populacional não foi pautado pela correspondente ampliação da infraestrutura urbana, o que coloca mananciais de abastecimento sob vulnerabilidade ambiental,



consequentemente expostos ao risco de contaminação por dejetos humanos, principalmente. Neste contexto, cita-se a investigação permanente aos arbovírus causadores da Dengue, *Chikungunya*, Zika e Febre Amarela, além do agente responsável pela global COVID-19, o vírus Sars-Cov-2.

Tratando-se de pautas modernas associadas ao cenário metropolitano, é importante destacar que no contexto do Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém existe o planejamento das ações de emergência e contingência para o sistema de abastecimento de água, o qual estima-se alcançar a universalização até 2040. Dentre as possíveis origens dos eventos de emergência e contingência há dois que estão diretamente ligados ao escopo deste trabalho, a saber: I - Qualidade da água bruta; II - Acidente Ambiental.

No PMSB Belém, ambos os eventos estão classificados como de baixo e moderado risco, respectivamente. Contudo, os levantamentos feitos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa apontam para um cenário um pouco diferente, onde ameaças reais à preservação da qualidade das águas dos lagos Bolonha e Água Preta foram apresentadas de forma cabal, levando-se a conclusão que os riscos talvez sejam bem mais severos. É justamente nesta incongruência que a proposta do SISPEUt pode ser de grande relevância, já que de um lado pode representar o levantamento de dados qualitativos esclarecedores e de outro pode mostrar que as ameaças impostas ao Parque referendam ou não a classificação de riscos apresentada.

Outro serviço contemporâneo previsto é a contribuição no combate às causas do aquecimento global e mudanças climáticas, por menor que seja, mas que se une a muitos outros movimentos, formando uma corrente empenhada em cooperar com as ações governamentais no sentido de minimizar as possibilidades de ocorrência de eventos extremos. Neste sentido, prevê-se que o levantamento contínuo da batimetria dos lagos Bolonha e Água Preta vá proporcionar a otimização da limpeza e da dragagem de áreas assoreadas de ambos, pois é considerável a produção de plantas aquáticas, chamadas macrófitas, que se alastram pela superfície da água e geram rejeitos depositados no fundo. Segundo Marinho, Fonseca e Esteves (2017), os resíduos dessa vegetação alteram a composição do sedimento, aumentando os detritos orgânicos que, ao serem decompostos, ocasionam a extinção oxigênio dissolvido (O_2) e o aumento da concentração e emissão dos gases metano (CH_4), sulfídrico (H_2S) e carbônico (CO_2), causadores do aquecimento global. Assim, agindo preventivamente, retirando no tempo certo essa vegetação, a tendência é quebrar este círculo vicioso e evitar que o PEUt seja mais um contribuinte para a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos na RMB, ou em qualquer outro lugar do planeta. Baseado nisso, sugere-se,



adicionalmente, a instalação de uma estação meteorológica automatizada na área protegida, com o intuito de estudar o clima urbano e suas alterações, conforme a investigação de anomalias climáticas proposta por Fialho, Fernandes e Correa (2019). Ressalta-se que é algo de interesse para complementar as informações do SISPEUt.

De acordo com o Relatório do Grupo de Trabalho da CAPES, sobre Produção Técnica em Pós-Graduação (BRASIL, 2019b), considera-se o Guia de Instruções proposto para a concepção do SISPEUt como um Produto Tecnológico pelo seu “grau de novidade e uso direto na prestação de serviços à população visando o bem-estar social”. A importância e a necessidade do mesmo já foram amplamente destacadas neste trabalho. O citado Guia apresenta como inovação a proposta de fazer frente aos impactos das mudanças climáticas e a cooperação entre os órgãos de saneamento e saúde pública, o que parece óbvio na atual conjuntura de alerta sanitário e pandemia global, como também de prevenção a enchentes e alagamentos em meio urbano.

Espera-se que o aludido produto venha trazer bases sólidas de conhecimentos para a construção de uma estrutura de monitoramento que fomente a mudança na relação da sociedade com o PEUt, em busca do desenvolvimento sustentável da RMB.

Dada a simplicidade do Guia proposto, evidenciada pela interação entre os conhecimentos e procedimentos utilizados para criá-lo, vislumbra-se a possibilidade de replicar a mesma metodologia em outras áreas protegidas, com as facilidades oferecidas aos usuários e beneficiários do SISPEUt.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do BRASIL 2012**. Brasília, DF: ANA, 2012. 265 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Resolução nº 903, de 22 de julho de 2013. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água – RNQA e estabelece suas diretrizes. **Brasília**, DF: ANA, 2013. 10 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Portal da Qualidade da Água: PNQA: O que é PNQA**. Brasília, DF: ANA, [2014?]. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 18 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Outorgas de Uso de Recursos Hídricos: Outorgas 2001-2015:02501.000462/2016**. Brasília, DF: ANA, 2016. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=0d9d29ec24cc49df89965f05fc5b96b9>. Acesso em: 21 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR: Relato do planejamento da RHNR e a definição das estratégias de implementação para os próximos anos (5 anos)**. Brasília, DF: ANA, 2017. 57 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém-PA: Resumo Executivo**. Brasília, DF: ANA, 2018a, 69p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA: Relatório Final**. Brasília, DF: ANA, 2018b. 83 p. v. 2. t. 2.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém-PA: Relatório Final**. Brasília, DF: ANA, 2018c. 164 p. v. 2. t. 1.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Brasília, DF: ANA, 2020. 36 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb: apresentação**. Brasília, DF: ANA, [2022?a]. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 05 jan. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb: Séries Históricas: Estação Pluviométrica 00148002**. Brasília, DF: ANA, [2022?b]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 07 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH): Sobre o SNIRH**. Brasília, DF: ANA, [2022?c]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/o-que-e>. Acesso em: 11 nov. 2022.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH): Subsistemas**. Brasília, DF: ANA, [2002?d]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb: Séries Históricas: Estação Fluviométrica 29050000**. Brasília, DF: ANA, [2022?e]. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 07 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Portal da Qualidade das Águas**. Brasília, DF: ANA, [2022?f]. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 16 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Portal da Qualidade das Águas: Rede Nacional – Redes de Monitoramento**. Brasília, DF: ANA, [2022?g]. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>. Acesso em: 16 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno**. Brasília, DF: ANA, 2022. 132p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Facebook*: ANA, 2023. Disponível em: https://www.facebook.com/anagovbr/?locale=pt_BR. Acesso em: 22 mar. 2023.

ALMEIDA, F. de S.; SOUZA, C. de S. **Auditoria Operacional (AOP) Programa 1247 Ordenamento Territorial Ação 6157 - Criação e Gestão de Unidades de Conservação**. Belém (PA), 2018. Disponível em: <https://tce.ap.gov.br/uploads/responsabilidade-socioambiental/1-encontec/Apresentac%CC%A7a%CC%83o%20AOP%202018%20AMAPA.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

ALVES, D. M. Casos de dengue aumentam 200% em Belém do Pará. **Universo Online (UOL)**. Belém (PA), 13 ago. 2021. Disponível em: https://cultura.uol.com.br/cenarium/2021/08/13/174327_casos-de-dengue-aumentam-200-em-belem-do-para.html. Acesso em: 28 dez. 2021.

ALVES, F. V. O avanço da hidrometria nos últimos anos no Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23, 2019, Foz do Iguaçu-PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABRH, 24 a 28 nov. 2019. p. 1-46. Disponível em: https://eventos.abrh.org.br/xxiiisbrh/pdf/hidrometria_brasil_v5.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

ANANINDEUA. Lei nº 2237, de 06 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Ananindeua e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Ananindeua, PA, 06 de outubro de 2006. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-ananindeua-pa>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AQUINO, M. C. Você sabe a diferença entre saneamento ambiental e saneamento básico? **Sinergia Engenharia de Meio Ambiente**, Curitiba (PR), 22 ago. 2014. Disponível em: <<https://sinergiaengenharia.com.br/noticias/voce-sabe-a-diferenca-entre-saneamento-ambiental-e-saneamento-basico/>>. Acesso em: 06 jan. 2022.



ARAÚJO, A. R. A sustentável presença do nióbio. *In: UFMG: Boletim* nº 2.064, ano 45, 12 ago. 2019. Belo Horizonte (MG), 2019, p. 4-5.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Antropogeomorfologia da Bacia Hidrográfica do Murutucu: abastecimento hídrico, uso e ocupação em Belém-PA. **R. Ra' e GA**, Curitiba (PR), v. 34, p. 98-122, ago. 2015.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; SANTOS, A. R.; PEREIRA, R. L.; OLIVEIRA, F. D. Práticas ambientais no Parque Ecológico Bosque dos Papagaios, Boa Vista/RR. **Geo UERJ**. Rio de Janeiro, RJ, n. 33, p. 1-17, ago 2018.

ARAÚJO, T. F. de; BLANCO, C. J. C.; ALVES, C. da S.; HOLANDA, P. da S.; SECRETAN, Y. Hydrodynamic modeling of the Utinga source in Belém, Pará, Brazil. **Modeling Earth Systems and Environment**. Switzerland AG, v. 7, Issue 4, p. 317-329, november 2021.

AVIZ, M. D. **Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Água Preta**. 2021. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém (PA), 2021.

AZEVEDO, S. D.; PINHEIRO, C. D. P. S.; RODRIGUES, P. R. S.; TORRES, L. M.; SANDIM, D. P. R. Assessment of socio-environmental impacts caused by floods and inundations in Montese neighborhood, located in the Tucunduba Basin, Belém/PA. **Natural Resources**, Aracaju (SE), v. 10, n. 3, p. 38-50, jul a out 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Nota Técnica 001/2020 – CTTE/ABES: O Novo Coronavírus e os Sistemas de Esgotamento Sanitário no Brasil**. Rio de Janeiro (RJ): ABES, 2020a. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Recomendações para Prevenção do Contágio da COVID-19 (Novo Coronavírus – SARS-CoV-2) Pela Água e por Esgoto Doméstico**. Cartilha. Rio de Janeiro (RJ): ABES, 2020b. 39p.

AURÁ dump and the struggle of Belém's informal wastepickers, Pará, Brazil. **Global Atlas of Environmental Justice (EJAtlas)**, Barcelona (Espanha), 25 set. 2019. Disponível em: <https://ejatlas.org/conflict/aura-dump-and-the-struggle-of-belems-informal-wastepickers-para-brazil>. Acesso em: 04 out. 2021.

AVIFAUNA. *In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos, 2022b. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/avifauna/>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

AZEVEDO, S. D.; PINHEIRO, C. D. P. da S.; RODRIGUES, P. R. S.; TORRES, L. M.; SANDIM, D. P. R. Assessment of socio-environmental impacts caused by floods and inundations in Montese neighborhood, located in the Tucunduba Basin, Belém/PA. **Natural Resources**, Aracaju (SE), v. 10, n. 3, pp. 38-50, jul a out 2020.



BARBI, F.; REI, F. C. F. Climate Change and The Adaptation Agenda in Brazilian Cities. **Revista Catalana de Dret Ambiental**, Catalunya, Espanha, v. 12, n. 1, p. 1-34, mai. 2021.

BARBOSA, F. A. R.; BUFFON, F. T.; BONOTTO, G.; PINHEIRO, J. A. C.; CASTRO, H. P. Importância da integração de equipamentos para medição de vazão em rios com grande concentração de sedimentos em suspensão. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 12, 2016, Porto Velho (RO). **Anais [...]**. Porto Velho: ABRH, 28 nov. a 02 dez. 2016.

BARBOSA, C. Como vivem os moradores de uma das maiores favelas de palafitas do Brasil. **Brasil de Fato**. Belém (PA), 19 jul. 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/07/19/como-vivem-os-moradores-de-uma-das-maiores-favelas-de-palafitas-do-brasil>. Acesso em: 05 jan. 2022.

BASSO, R. M. **Proposta de um Websig para visualização de informações sobre a qualidade da água superficial de um sistema de informações ambientais**. 2010. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências da Computação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, dez. 2010.

BATALHÃO de Polícia Ambiental. Publicações sobre Batalhão de Polícia Ambiental. Facebook: Fotos@bpapmpa. 20 jun. 2021. Disponível em: <https://pt-br.facebook.com/bpapmpa/photos/>. Acesso em: 07 fev. 2022.

BELÉM. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Belém, PA, 30 de julho de 2008.

BELÉM. Lei Ordinária n.º 8899, de 26 de dezembro de 2011. Institui o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém - PGRS e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Belém**, 27 dez. 2011.

BELÉM. Secretaria Municipal de Saúde (SESMA). **Plano Municipal de Saúde (PMS) de Belém – PA 2018-2021**. Belém (PA): SESMA, 2017. 108 p.

BELÉM. **Plano Municipal de Saneamento**: Relatório 4.1: Prognóstico e Alternativas para Universalização dos Serviços de Abastecimento de Água. Belém (PA): PMB, 2020. 118 p.

BELÉM. Secretaria Municipal de Planejamento (SEGEP). **Anuário Estatístico do Município de Belém 2020**: Mapas: Figura 01 – Mapa do Município de Belém subdividido em Distritos e Bairros. Belém: SEGEPE, 2021. 01 Mapa. Escala 1:50.000. Disponível em: <<https://anuario.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Mapa-Municipio-de-Belem.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2022.

BENINI, S. M. Qualidade Ambiental Urbana. **Cidades Verdes**, Tupã (SP): ANAP, v. 5, n. 11, p. 26-36, 2017.

BIODIVERSIDADE. In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2022d. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/biodiversidade/>>. Acesso em: 24 jan. 2022.



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 União**: seção 1, Brasília, DF, ano 93, 28 abril 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 União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 160, 02 set. 1981b, Página 16509.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 176, 09 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 178, 28 abr. 1999.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 112, 19 jul. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Brasília, DF: MS, 2004. 15 p.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 186, 11 jan. 2007a.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura (MEC). **Cadernos SECAD 1: Educação Ambiental: aprendizes de sustentabilidade**. Brasília, DF: MEC, 2007b. 109 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa Nacional do Meio Ambiente II PNMA II - Fase 2 - 2009 – 2014 – Componente Desenvolvimento Institucional – Subcomponente Monitoramento Ambiental**. Brasília-DF: MMA, 2009a. 17 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Projeto de Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: Proposta Técnica**. Brasília, DF: MME, 2009b. 90 p.



BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências; e legislação correlata. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 189, 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, DF: MS, 2016. 53 p.

BRASIL. **Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico – ePING**: Programa de Governo Eletrônico Brasileiro (eGOV). Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://eping.governoeletronico.gov.br/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**: versão revisada – 2019. Brasília: MDR, 2019a. 238 p.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). **Produção Técnica**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2019b. 81 p.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 199, 16 jul. 2020a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**: Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes Aegypti (dengue, *chikungunya* e zika), Semanas Epidemiológicas 1 a 11, 2020. Brasília, DF: Ministério da Saúde, março 2020b. 35 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**: Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes Aegypti (dengue, *chikungunya* e zika), Semanas Epidemiológicas 1 a 16, 2020. Brasília, DF: Ministério da Saúde, abril 2020c. 47 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Indicadores**. Brasília, DF: MMA, [2020?]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/indicadores.html>. Acesso em: 09 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo



humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Seção 1, p. 127, ed. 85, Brasília, DF, 07 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Sistema Único de Saúde (SUS)**. Brasília, DF: MS, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sus>. Acesso em: 08 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA)**. Brasília, DF: MS, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/se/demas/situacao-de-saude/vigiagua#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Vigil%C3%A2ncia,compat%C3%ADvel%20com%20o%20padr%C3%A3o%20de>. Acesso em: 08 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Contaminantes Químicos (VIGIPEQ)**. Brasília, DF: MS, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svs/saude-ambiental/vigipeq#:~:text=O%20Programa%20de%20Vigil%C3%A2ncia%20em,a%20contaminantes%20que%20interferem%20na>. Acesso em: 08 nov. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Portal brasileiro de dados abertos**: Unidades de Conservação: Lista das UCs ativas no CNUC com respectivas categorias de manejo, área, etc... Brasília, DF: MMA, 2022d. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao>. Acesso em: 11 abr. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA)**. Brasília, DF: MMA, 2022e. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/acessibilidade/item/8215-sistema-nacional-de-informa%C3%A7%C3%A3o-sobre-meio-ambiente.html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Painel de Dados Abertos Ambientais**: Dados Abertos. Brasília, DF: MMA, 2022f. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/dados-abertos.html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Desmatamento em Unidades de Conservação Federais**: Dados Abertos. Brasília, DF: MMA, 2022g. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/arquivos/desmatamento-em-unidades-de-conservacao-federais/desmatamento>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BRITO, F. S. L.; PIMENTEL, B. A. ; VILHENA, J. C.; ROSÁRIO, K. K. L.; MORAIS, M. S.; CRUZ, R. H. R.; CORRÊA, V. L. S. Comportamento das variáveis físico-químicas da água do lago Bolonha-Belém-PA. . **Brazilian Journal of Development**. Curitiba (PR), v. 6, n. 1, p. 1738-1757, jan. 2020. ISSN 2525-8761.

BURLAMAQUI, Y. **Estudo preliminar para seleção de tecnologia no tratamento de esgoto sanitário**. 2019. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, Recife (PE), 2019.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Ficha de Informação Toxicológica: Antimônio.** São Paulo (SP): CETESB, 2017b. 3 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Ficha de Informação Toxicológica: Estanho.** São Paulo (SP): CETESB, 2020a. 2 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Ficha de Informação Toxicológica: Berílio.** São Paulo (SP): CETESB, 2020b. 3 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Decisão de Diretoria n.º 125/2021/E, de 09 de dezembro de 2021.** Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea. São Paulo (SP): CETESB, 2021. 4 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Histórico.** São Paulo (SP). 2022a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/historico/#:~:text=A%20CETESB%20%E2%80%93%20Companhia%20Ambiental%20do,do%20ar%20e%20do%20solo>>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Áreas Contaminadas.** São Paulo (SP). 2022b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Resíduos Sólidos.** São Paulo (SP). 2022c. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Emergências Químicas.** São Paulo (SP). 2022d. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **SARS-CoV-2.** São Paulo (SP). 2022e. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>. Acesso em 04 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Ar: Histórico.** São Paulo (SP). 2022f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Ar: Boletim Diário.** São Paulo (SP). 2022g. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/boletim-diario/>. Acesso em: 06 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Águas Interiores: Programa de Monitoramento.** São Paulo (SP). 2022h. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/programa-de-monitoramento/>. Acesso em: 06 out. 2022.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Águas Subterrâneas: Programa de Monitoramento**. São Paulo (SP). 2022i. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/objetivos-do-monitoramento/>. Acesso em: 07 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Solo: Ensaio de germinação e alongamento de raízes**. São Paulo (SP). 2022j. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/solo/biomonitoramento/ensaio-de-germinacao-e-alongamento-de-raizes/>. Acesso em: 10 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Solo: Publicações e Relatórios**. São Paulo (SP). 2022k. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 10 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Águas Subterrâneas: Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea**. São Paulo (SP): CETESB, 2022L. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/valores-orientadores-para-solo-e-agua-subterranea/>. Acesso em: 21 nov. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Instagram*: CETESB, 2023. Disponível em: <https://www.instagram.com/cetesbsp/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA). **Relatório de Gestão 2020**. Belém (PA): COSANPA, 2020. 38 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA). **Projeto de Desenvolvimento de Saneamento do Pará – PRODESAN: Avaliação Ambiental e Social (AAS) – Versão Final**. Belém (PA), 2021. 257 p.

CONCEIÇÃO, M. M.M.; LIMA, J. O.; TAVARES, L. S.; SOUSA, J. S.; LIMA, A. C. S.; CARNEIRO, C. C. A.; SILVA, J. P. S.; MACHADO, N. I. G.; BRASIL, M. H. T.; MELO, E. E. P.; PAIVA, A. G.; SANTOS, W. A. S.; BARROSO, L. L.; PEREIRA JÚNIOR, A. Condições ambientais e serviços ecossistêmicos de uma unidade de conservação de proteção integral. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba (PR), v.7, n.1, p. 9702-9718, jan. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA n° 001/86. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, páginas 2548-2549, 17 fev. 1986.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005 (alterada pelas Resoluções n° 393/2007, n° 397/2008, n° 410/2009 e n° 430/2011). 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 União**: Seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 07 abr. 2008, págs. 64-68.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA n° 420, de 28 de dezembro 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2009, págs. 81-84.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Resolução CNRH n° 15, de 11 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 12 jan. 2001.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Moção n° 38, de 07 de dezembro de 2006. Recomenda a adoção do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas-SIAGAS pelos órgãos gestores e os usuários de informações hidrogeológicas. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 08 mai. 2007.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Moção n° 39, de 07 de dezembro de 2006. Recomenda a integração dos Sistemas de Informação: SINIMA, SIAGAS, SIGHIDRO, SNIS, SIPNRH e SNIRH. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 08 mai. 2007.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA-IV REGIÃO (CRQ4). **Os metais e a saúde humana**. São Paulo (SP): CRQ4, 2006. Disponível em: https://www.crq4.org.br/quimica_viva_os_metais_e_a_saude_humana. Acesso em: 29 nov. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA-IV REGIÃO (CRQ4). **Elementos Químicos - Prata**. São Paulo (SP): CRQ4, 2019. Disponível em: https://www.crq4.org.br/tp150_prata. Acesso em: 30 nov. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA-IV REGIÃO (CRQ4). **Elementos Químicos - Titânio**. São Paulo (SP): CRQ4, 2022a. Disponível em: https://www.crq4.org.br/artigo_titanio. Acesso em: 30 nov. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA-IV REGIÃO (CRQ4). **Elementos Químicos - Zircônio**. São Paulo (SP): CRQ4, 2022b. Disponível em: https://www.crq4.org.br/artigo_titanio. Acesso em: 30 nov. 2022.

CRUZ, E. S. da. **Utilização da intensidade do eco produzido pelo ADCP para determinação da concentração de sedimentos suspensos dos mananciais de Belém PA**. 2012. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Pará, 2012.

DALL'AGNOL, A. L. B.; LOEBENS, L.; DEMARCO, C. F.; LEANDRO, D.; ANDREAZZA, R.; CASTRO, A. S.; QUADRO, M. S. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e indicadores de saneamento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracajú (SE), v.10, n.1, p.90-98, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0008>.



DASZAK, P. et al. To Prevent Pandemics, Invest in Conservation. **EcoHealth Alliance**. New York – USA, 24 jul. 2020. Disponível em: <https://www.ecohealthalliance.org/2020/07/to-prevent-pandemics-invest-in-conservation>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DIAS, F. de A.; GOMES, L. A; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia (MG), v. 23, n. 1, p. 127-147, abr. 2011.

DIAS, João Thiago. Proliferação de ratos assusta moradores no Guamá. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 24 de ago. de 2019a. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/proliferao-de-ratos-assusta-moradores-no-guama-1.186227>>. Acesso em: 29 set. 2021.

DIAS, João Thiago. Moradores do Jurunas denunciam descarte inconsequente de lixo. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 15 de mai. de 2019b. Disponível em: <https://www.oliberal.com/moradores-do-jurunas-denunciam-descarte-inconsequente-de-lixo-1.138633>. Acesso em: 07 jan. 2022.

DIAS, João Thiago. Chuva desta segunda-feira deixa ruas alagadas e provoca transtornos. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 17 de fev. de 2020. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/chuva-forte-na-tarde-desta-segunda-feira-deixa-ruas-alagadas-1.240984>. Acesso em: 29 set. 2021.

DIÓXIDO de Titânio para que serve e o que é. In: **Pochteca Brasil**, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://brasil.pochteca.net/dioxido-de-titanio-para-que-serve-e-o-que-e/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

DONATELI, C. P.; EINLOFT, A. B. do N.; COUTINHO JÚNIOR, A. L.; COTTA, R. M. M.; COSTA, G. D. Endemic Disease Control Agents' perception on the fight against *Aedes aegypti* and the prevention of arbovirus infections in Brazil. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, Northeastern University, USA, p. 1-15, oct. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **VII Plano Diretor da Embrapa 2020–2030**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 34 p.

ENTOMOFAUNA. In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2022c. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/entomofauna/>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

ESCÂNDIO: história, propriedades, reações, riscos e usos. In: **Maestrovirtuale.com**. [S.l.], 2022c. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/escandio-historia-propriedades-reacoes-riscos-e-usos/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION (EAA). **O alumínio no corpo humano**. Brussels, Belgium, 2011. 1 p.

FAGUNDES, I. S. de. **Sistema de monitoramento de uso dos recursos naturais (SiMUR) na Reserva Extrativista Rio Unini - Barcelos/ AM- (2008- 2020)**. 2021. 169 f. Dissertação (Mestrado em Espaço, Território e Cultura na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2021.



FAVELIZAÇÃO. In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2021. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/favelizacao/>>. Acesso em: 26 ago. 2021.

FELDBAUM, P. A. **Determinação de terras raras em material geológico por ICP OES**. 2019. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), fev. 2019.

FERNANDES, A. R.; SOUZA, E. S.; BRAZ, A. M. S.; BIRANI, S. M.; ALLEONI, L. R. F. Quality reference values and background concentrations of potentially toxic elements in soils from the Eastern Amazon, Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, [S.l.], vol. 190, pp. 453–463, April 2018.

FERREIRA, V. Fiocruz divulga estudo sobre a presença do novo coronavírus em esgotos sanitários. **Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)**, Rio de Janeiro (RJ), 28 abr. 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/fiocruz-divulga-estudo-sobre-presenca-do-novo-coronavirus-em-esgotos-sanitarios>. Acesso em: 16 dez. 2021.

FERREIRA, A. D. S.; PIMENTEL, C. P.; MOSCON, A.; CURTY, T. N.; OLIVEIRA, M. D. SARS-CoV-2 no esgoto: métodos de detecção e tratamento. **Ifes Ciência**, Vitória (ES), v. 6, n. 1, pp. 15-22, jun. 2020.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba (PR), ano 15, pp. 47-85, jun. 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água – 4. ed.** Brasília, DF: Funasa, 2013. 150 p.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). **Óxido de Ferro III**. Rio de Janeiro (RJ): FIOCRUZ, 2003. Disponível em: <https://www.oswaldocruz.br/download/fichas/%C3%93xido%20de%20ferroIII2003.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

GAMA, L. H. O. M.; OLIVEIRA, M. J. T.; PAIVA, P. F. P. R.; RUIVO, M. L. P.; PEREIRA, E. S. R. Áreas de proteção ambiental e sua importância para conservação da biodiversidade em Belém-PA. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA/ SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 76, 2019. Palmas (TO). **Anais [...]**. Palmas (TO): CREA-TO, 17 a 19 set. 2019. p. 1-5.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos**, Rio Claro (SP), v. 2, n. 2, p. 21-30, jul-dez 2004 (ISSN 1678-698X) - www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm.

GOMES, E. B. de O.; GOMES, C. M.; NUNES, M. C.; MACHADO, R. C. da S. A História da construção do porto de Belém, e sua relação com a arquitetura da cidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO LUSO-BRASILEIRA, 3, 2019, Salvador-BA, **Anais [...]**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 3 a 6 set. 2019. p. 264-276.

GONÇALVES, B. V. S.; BARBERINI, I. R.; FURTADO, S. K.. Estudo epidemiológico acerca dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil entre 2008 a 2018. **Scire Salutis**, Aracaju (SE), v.12, n.2, p.335- 347, fev. a abr. 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2236-9600.2022.002.0035>.

GOUVEIA, L. A. M. Covid-19 e acesso à água na Amazônia brasileira. **Mundo Amazônico**, Bogotá D.C., Colombia, v. 12, n. 1, p. 18-42, 2021. ISSN 2145-5074.

GUEDES, H. A. S. **Hidráulica**. Pelotas (RS): Universidade Federal de Pelotas, 2018. 168p.

GUERRA, G. A. D.; MESQUITA, O. Imersão Virtual no Movimento de Mulheres das Ilhas de Belém, Pará, Brasil. **Nova Revista Amazônica**, Belém, PA, v.8, n. 2, p. 1 – 14, set. 2020- ISSN: 2318-1346.

GUIMARÃES, R. J. de P. e S.; RABELO, T.; CATETE, C. P.; ALVES, P. P. A.; SILVA, R. C. Georreferenciamento dos pontos de alagamento em Belém (PA). In: Congresso ABES/Fenasan, 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABES, 2017. p. 1-7.

HERPETOFAUNA. In: PRIBERAM Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa [*on line*], 2021a. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/herpetofauna>. Acesso em: 24 jan. 2022.

HOLANDA, P. S. **Modelagem hidrodinâmica e estudo morfológico do Lago Água Preta: um dos mananciais da grande Belém**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Térmicas e Flúidos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará, Pará, 2010.

HOLZLE, L. R. B. **Onde é encontrado e qual é a utilidade do elemento ítrio**. Bagé (RS), 2022. Disponível em: <https://www.tabelaperiodica.org/onde-e-encontrado-e-qual-e-utilidade-do-elemento-itrio/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ICTIOFAUNA. In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2022a. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ictiofauna/>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

IMPACTOS ambientais do alumínio e suas propriedades. In: **ecycle.com.br**. Monções (SP), 2022. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/aluminio/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **História & Fotos**: Belém/Pará/Brasil. Rio de Janeiro-RJ. 2012. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/historico>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**: Regiões Metropolitanas: População nos Censos Demográficos, segundo os municípios das capitais - 1872 a 2010. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 28 dez. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**: Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS –



Edição 2017. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 2017. Disponível em:
<<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em: 11 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2019**: Região Metropolitana de Belém. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, [entre 2020 e 2022]. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 12 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aglomerados Subnormais**: O que é. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 2022a. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 03 jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2021**. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 2022b. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 23 jan. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **CONSELHO GESTOR**. Brasília, DF: ICMBio, [2013?] Disponível em:
<https://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/conselho-gestor.html>. Acesso em: 27 set. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIAS (INMETRO). **Escopo de acreditação do LAMIN-RJ**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2019. 03 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Governança Metropolitana no Brasil**: Relatório de Pesquisa: Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: arranjos institucionais de gestão metropolitana (Componente 1): Região Metropolitana de Belém. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2015. 82 p.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). **Poeira de sílica**. Rio de Janeiro (RJ): INCA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poeiras/poeira-de-silica>. Acesso em: 28 nov. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB). **Painel Saneamento Brasil 2020**: Região Metropolitana de Belém. São Paulo (SP): ITB, 2022a. Disponível em:
<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/index?id=151>. Acesso em: 12 ago. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB). **Ranking do Saneamento 2020**: Resumo Executivo. São Paulo (SP): ITB, 2022b. 13 p.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). Unidades de Conservação no Brasil: Parques Estaduais (PES). São Paulo (SP), 2020. 1 mapa, color. Escala 1:50.000.000. Disponível em:
<https://uc.socioambiental.org/mapa>. Acesso em: 11 abr. 2022.



ÍTRIO. *In: Institut Sustene Erden und Metalle AG (ISE)*. Lucerna, Suíça, [2022?a]. Disponível em: <https://pt.institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/seltene-erden/yttrium/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

KUBOTA, N. A.; LIMA, A. M. M. de; ROCHA, N. C. V.; LIMA, I. F. Hidrogeomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Guamá – Amazônia Oriental – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.21, n.4, p.759-782, Out-Dec, 2020.

LANTÂNIO. *In: Institut Sustene Erden und Metalle AG (ISE)*. Lucerna, Suíça, [2022?b]. Disponível em: <https://pt.institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/seltene-erden/lanthan/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LIMA, N. S. de. **Modelagem hidrodinâmica e análise morfológica do Lago Bolonha – um dos mananciais da grande Belém**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Pará, 2008.

LIMA, J. B.; BRANCO, P. C. M. P. A. SIAGAS – Uma Evolução em Plataforma de Softwares Livres. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 16, 2010, São Luís (MA). **Anais [...]**. São Luís: ABAS, 09 jun. 2010.

LIMA, Valéria. Saneamento Ambiental como indicador de análise da qualidade ambiental urbana. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente (SP), v.2, n. 35, p.65-84, ago./dez.2013.

LIMA-CAMARA, T. N. Arboviroses Emergentes e Novos Desafios para a Saúde Pública no Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo (SP), v. 50, n. 36, p. 1-7, mar. 2016.

LIMA, J. dos S.; SANTOS, G. C. S. dos; RODRIGUES, R. S. S.; SANTOS, F. V. dos. Morbidade e mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em Belém do Pará. **Ciência e Sustentabilidade**, Juazeiro do Norte (CE), v. 4, n. 2, p. 115-132, jul./dez. 2018.

LINS, C. A. C. (Coord.). **Manual Técnico PGAGEM – Brasil**. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2003. 28 p.

LÓPEZ, I.; PARDO, M. Socioeconomic Indicators for the Evaluation and Monitoring of Climate Change in National Parks: An Analysis of the Sierra de Guadarrama National Park (Spain). **Environments**. Basel, Switzerland, v. 5, n. 25, p. 1-16, February 2018.

MACHADO, F., S.; MOURA, A. S. de. (Org.). **Avaliação da Qualidade Ambiental das Águas e dos Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Aurá (RMB) entre os anos de 2002 A 2018**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3, pág. 147-163.

MAGALHÃES, Lazaro; MAGALHÃES, Cleide. Belém ainda soma 500 pontos de descarte irregular de lixo. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 05 de dez. de 2018. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/bel%C3%A9m-ainda-soma-500-pontos-de-descarte-irregular-de-lixo-1.9766>. Acesso em: 27 set. 2021.



MARINHO, C. C.; FONSECA, A. L. DOS S.; ESTEVES, F. DE A. Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, Brasília, DF, v. 13, n. 32, p. 703-728, 10 mar. 2017.

MASTOFAUNA. In: PRIBERAM Dicionário da Língua Portuguesa [online], 2021b. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/mastofauna>. Acesso em: 24 jan. 2022.

MEDEIROS, L. C.; OLIVEIRA, L. C. S.; SILVA, M. M.; FERREIRA, N. C. Sistema de disponibilização de informações geográficas do estado de Goiás na Internet. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.1, n.1, pp. 37-43, dez. 2007.

MEDEIROS, A. Por Dentro do MapServer. **ClickGeo**, 2020. Disponível: <https://www.clickgeo.com.br/por-dentro-do-mapserver/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

MEDEIROS FILHO, C. A. Fatores Geogênicos e Antropogênicos da Geoquímica Urbana. **EcoDebate**, Rio de Janeiro (RJ), 10 nov. 2020. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2020/11/10/fatores-geogenicos-e-antropogenicos-da-geoquimica-urbana/#:~:text=O%20perfil%20de%20solo%20pode,importante%20marcador%20de%20con,di%20C3%A7%C3%B5es%20ambientais>. Acesso em: 14 fev. 2022.

MENDES, L. A. S. A Geografia-histórica da Região Metropolitana de Belém. **Revista Espacialidades [online]**, Natal (RN), v. 14, n. 1, pp. 10-39, 2018. ISSN 1984-817X.

MENESES, A. R. S.; MONTEIRO, M. M. M.; LIMA, W. N.; BARBOSA, R. V. R. Cidades saudáveis: o acesso equitativo a parques urbanos como promoção da saúde. In: CONGRESSO ARAGUAIENSE DE CIÊNCIAS EXATA, TECNOLÓGICA E SOCIAL APLICADA, 2, 2020, Santana do Araguaia. **Anais [...]** Santana do Araguaia: II CONARA, 23 a 28 nov. 2020.

MERCK. **Ficha de Informações De Segurança de Produtos Químicos: Pentóxido de Fósforo**. Cotia (SP), 2017. 17 p.

MILITARES do BPA entregam cestas básicas e máscaras para moradores do Curió e Águas Lindas. **Amazônia on line**. Belém, PA, 06 jun. 2020. Disponível em: <https://www.oliberal.com/policia/militares-do-bpa-entregam-cestas-basicas-e-mascaras-para-moradores-do-curio-e-aguas-lindas-1.274324>. Acesso em: 07 fev. 2022.

MINERAÇÃO urbana pode ser fonte de ouro no lixo, diz relatório. **G1.com**, Rio de Janeiro (RJ), 09 out. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2012/10/mineracao-urbana-pode-ser-fonte-de-ouro-no-lixo-diz-relatorio.html>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MORAES, L. L. **Oficina de Capacitação do Progestão: Meta 1.2 - Compartilhamento de informações sobre águas subterrâneas**. Brasília, DF: ANA, 2016. 17 p.

MORAES, B. C.; SODRÉ, G. R. C.; CARDOSO, A. C. D.; SILVA JÚNIOR, A. R. Crescimento Urbano e Suas Implicações para o Tempo e Clima da Região Metropolitana de Belém do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), v.15, n. 04, pp. 2045-2060, jun. 2022.



MOTA, H. A. F. **Reciclagem de pilhas**. 2012. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química industrial) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis (SP), 2012.

MOURA, M. Difusão de Conhecimento e Transformação Social. **Revista Pesquisa Fapesp**. Belém (PA), mai. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/difusao-de-conhecimento-e-transformacao-social/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

MUSSI, S.; PELTIER, V. Primeira favela do Rio de Janeiro. **Blogspot**, Rio de Janeiro (RJ), 05, out. 2015. Disponível em: https://primeirafaveladorj.blogspot.com/2015/10/blog-post_5.html?m=1. Acesso em: 05 jan. 2022.

NA ARÁBIA Saudita, água doce é produzida a partir de água marinha. **Portal Tratamento de Água**, São Paulo (SP), 08 nov. 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/arabia-saudita-agua-doce-agua-marinha/>. Acesso em: 06 out. 2021.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L.; NASCIMENTO, D. L. G.; ARAÚJO, M. R. S.; DIAS, L. C.; SOUSA, L. P. A.; RODRIGUES, D. C.; ROSÁRIO, K. K. L. Avaliação da rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 11, p. 1-14, nov. 2020.

NUGEM, R. C. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) em Porto Alegre – RS**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

NUNES, L. P. M. **Qualidade ambiental da área urbana do município de Belém/PA: o desafio de mensurar**. 2019. 275 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

OLIVEIRA, G. M. T. S. de; OLIVEIRA, E. S. de; SANTOS, M. de L. S.; MELO, N. F. A. C. de; KRAG, M. N. Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro (RJ), v.23, n.3, p. 599-605, maio/jun 2018.

OLIVEIRA, I. F. **Investigação da condição trófica do reservatório de abastecimento de água Bolonha**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hídrica) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém (PA), 2018.

OLIVEIRA, C.; PORTELA, C.M.M., GONÇALVES, R.J.; OLIVEIRA JÚNIOR, Z. Saneamento básico e a relação intrínseca com o desenvolvimento sustentável: um desafio frente à desigualdade socioeconômica na Região Norte do Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, Recife (PE), v.3, n.3, p. 062-074, mai. 2021.

O que é PostgreSQL. **Postgresql**, 2022. Disponível em: <https://www.postgresql.org/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

O que é o sistema Operacional Linux? **4Linux**, 2022. Disponível em: <https://4linux.com.br/o-que-e-linux/>. Acesso em 11 mar. 2022.



O servidor HTTP número um na Internet. **Apachecon**, 2021. Disponível em: <https://httpd.apache.org/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

ÓXIDO de Magnésio – Principais Aplicações no Mercado. *In*: **BRASILMINAS**, 2021. Disponível em: <https://brasilminas.net/oxido-de-magnesio-principais-aplicacoes-no-mercado/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

ÓXIDO de sódio (Na_2O): estrutura, fórmula, propriedades, riscos. *In*: **Maestrovirtuale.com**. [S.l.], 2022a. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/oxido-de-sodio-na2o-estrutura-formula-propriedades-riscos/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

ÓXIDO de potássio (K_2O): fórmula, propriedades, riscos, usos. *In*: **Maestrovirtuale.com**. [S.l.], 2022b. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/oxido-de-potassio-k2o-formula-propriedades-riscos-usos/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PARA que serve o ouro? Os 8 usos mais comuns. *In*: **Maestrovirtuale.com**. [S.l.], 2022d. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/para-que-serve-o-ouro-os-8-usos-mais-comuns/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PARÁ. Decreto Estadual nº. 1.552, de 03 de maio de 1993. Dispõe sobre a Criação do Parque Ambiental de Belém e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, 04 mai. 1993.

PARÁ. **Decreto Estadual nº. 1.330**, de 02 de outubro de 2008. Muda a denominação do Parque Ambiental de Belém para Parque Estadual do Utinga e cria o Conselho Consultivo da UC. Belém, PA: ASCOM, 02 out. 2008. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2008/10/02/9708/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

PARÁ. Secretaria de Segurança Pública. Polícia Civil do Estado do Pará (PC-PA). *In*: Notícias. **Polícia Civil flagra despejo irregular de resíduos sólidos em via pública de Belém**. Belém, 2017. Disponível em: <https://www.policiacivil.pa.gov.br/policia-civil-flagra-despejo-irregular-de-residuos-solidos-em-publica-de-belem>. Acesso em: 29 set. 2021.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA-PA). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga**: Resumo Executivo. Belém: SEMA, 2013a. 27 p.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA-PA). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga**. Belém: SEMA, 2013b. 378 p.

PARÁ. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio). **Região Administrativa de Belém**. Belém (PA): IDEFLOR-Bio, 2018a. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/unidades-de-conservacao/regiao-administrativa-de-belem/>. Acesso em: 14 out. 2021.

PARÁ. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio). **Parque Estadual do Utinga – PEUt**. Belém (PA): IDEFLOR-Bio, 2018b. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/unidades-de-conservacao/regiao-administrativa-de-belem/parque-estadual-do-utinga/>. Acesso em: 14 out. 2021.



PARÁ. Agência Pará. **Preservação dos mananciais Bolonha e Água Preta é tema de mesa redonda**: notícia. Belém: Agência Pará, 28 abr. 2019. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/12602/>. Acesso em: 03 dez. 2021.

PARÁ. Agência Pará. **Parque do Utinga retorna ao funcionamento normal com medidas de prevenção à Covid-19**. Belém, PA, 23 abr. 2021. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/27773/>. Acesso em: 03 fev. 2022.

PARÁ. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA). **Anuário Estatístico do Pará 2020**. Belém (PA): FAPESPA, [2022?a]. Disponível em: <<https://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2020/tabelas/demografia/tab-1.1-populacao-total-e-estimativas-populacionais-2016-a-2020.htm>>. Acesso em: 04 out. 2022.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS-PA). **O SEIRH – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos**. Belém (PA): SEMAS, [2022?b]. Disponível em: <http://monitoramento.semas.pa.gov.br/seirh/#/PaginaPortal/1>. Acesso em: 13 jan. 2022.

PARÁ. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio). **Quem Somos**. Belém: IDEFLOR-Bio, [2022?c]. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/paginas/quem-somos>. Acesso em: 01 abril 2022.

PARÁ. Secretaria de Estado de Saúde Pública (SESPA). **Plano Estadual de Saúde do Pará (PES-PA) 2020-2023**: Resumo. Belém: SESP, 2022. 7 p.

PARÁ. Secretaria de Estado de Saúde Pública (SESPA). **Institucional**. Belém (PA): SESP, 2023. Disponível em: <http://www.saude.pa.gov.br/a-secretaria/institucional/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS-PA). **Hidrometeorologia e Climatologia**. Belém (PA): SEMAS, [2023?]. Disponível em: <http://monitoramento.semas.pa.gov.br/seirh/#/SecaoTematica/6>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PARQUE do Utinga, em Belém, recebe dois quadriciclos da Segup para reforçar segurança, em Belém. **G1 Pará on line**. Belém, PA, 12 jun. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2021/06/12/parque-do-utinga-em-belem-recebe-dois-quadriciclos-da-segup-para-reforcar-seguranca.ghtml>. Acesso em: 07 fev. 2022.

PARQUE Estadual do Utinga (PEUt). **Atrações do Parque**. Belém (PA): Organização Social Pará 2000, [2022?]. Disponível em: <http://www.parquedoutinga.com.br/>. Acesso em: 03 fev. 2022.

PENHA, G. B. Um ano na China. Shanghai, China, 19 jul. 2014. Blogspot: biabarrosopenha.blogspot.com. Disponível em: <http://biabarrosopenha.blogspot.com/2014/07/uma-passagem-por-xangai.html>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PEREIRA, L. C.; BALBINO, M.V.; SILVA, T. M. L. da; CORREA, D. L. Mapeamento da qualidade ambiental urbana no bairro Célio Miranda, Paragominas-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), v.13, n.03, p. 1406-1424, abril 2020.



PIMENTEL, Dilson. Moradores denunciam acúmulo de lixo em Ananindeua. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 30 de mar. de 2020. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/moradores-denunciam-acumulo-de-lixo-em-ananindeua-1.253505>>. Acesso em: 01 out. 2021.

PIMENTEL, Dilson. Moradores do Curió-Utinga relatam rotina de problemas no período de chuvas. **Jornal O Liberal on line**. Belém-PA, 26 de fev. de 2021. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/belem/moradores-do-curio-utinga-relatam-rotina-de-problemas-no-periodo-de-chuvas-1.359359>>. Acesso em: 01 out. 2021.

PINOTTI, L. R. R. **Uso de jardins filtrantes como alternativa de tecnologia social para o saneamento rural**. 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2022.

PINTO, R.M.; DANTAS, L.G., SILVA, L.F., VALENTIM, R.A.M. SIMAIES – desenvolvimento e discussão de uma ferramenta para registrar e divulgar a cooperação entre entidades de saúde e educação. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, n. 35, pp. 1-15, jun. 2019.

PIRES, P. V. B. **Fitoplâncton como bioindicador da qualidade da água do sistema de abastecimento público de água da Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil)**. 2021. 147 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém (PA), 2021.

PONTES, C. J. de F. A guerra no inferno verde: segundo ciclo da borracha, o front da Amazônia e os soldados da borracha. **SOUTH AMERICAN Journal of Basic Education Technical and Technological**, Rio Branco (AC), v. 2, n. 1, 2015, p. 56-67.

PONTE, J. P. X.; LIMA, J. J. F.; CARDOSO, A. C. D.; VENTURA NETO, R. da S.; SABINO, T. A. G.; RODRIGUES, R. M.; HANTANI, D. S.; BARROS, N. S. A Região Metropolitana de Belém: Territórios precários, condições de infraestrutura, moradia e a Covid-19. **Observatório das Metrôpoles**, Belém (PA): Universidade Federal do Pará, jul. 2020.

RAMOS, N.P.; LUCHIARI JUNIOR, A. **Monitoramento Ambiental**. Brasília, DF: Embrapa – Ageitec, 2020. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html >. Acesso em: 10 Ago. 2020.

RBERLINCK. Bismuto – mais amigo, impossível. *In*: Science Blogs ciência, cultura, política. **Química Viva**. Campinas (SP), 27 mar. 2010. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/quimicaviva/2010/03/27/bismuto-mais-amigo-impossivel/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

REVISTA HISTÓRIA VIVA. Teixeira (PB): Duetto, v. 1, ano IV, nº 45, 2007, 100 p.

RIBEIRO, K. (sup.). Limpeza do Lago Bolonha. **Educação, Saúde & Meio Ambiente**, 20 dez. 2013. <http://saudeambientalufpa.blogspot.com/2013/12/limpeza-do-lago-bolonha.html>. Acesso em: 06 abr. 2022.



RIBEIRO, A. A. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do Rio Aurá, Belém-PA: aplicação de índice de qualidade malasiano (DOE-IQA)**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém, mai. 2019.

RIBEIRO, M. S.; CARVALHO, R. L.; OLIVEIRA, A. H. M.; BOTELHO, G. M.; PESSOA, W. M. Desafios gerados pelo crescimento populacional urbano no contexto das cidades inteligentes. **Revista Observatório**, Palmas (TO), v. 5, n. 5, p. 667-696, ago. 2019.

RIBEIRO, B. F; BLAETH, G. P. **Estudo da efetividade dos jardins filtrantes no tratamento de efluentes sanitários**. 2020. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade São Francisco - Campus Swift, Campinas (SP), 2020.

RODRIGUES, F. C. C.; MATOS, L. O. As transformações socioambientais na bacia hidrográfica do Utinga: agravantes para os lagos Bolonha e Água Preta. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá (PR), ano 17, n. 201, p. 31-42, fev. 2018.

RUBÍDIO (Rb). *In*: Manual da Química. Goiânia (GO), 2022. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/rubidio-rb.htm>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SADECK, Luis. **Zonas de risco a alagamento em Belém**. Belém, PA, 15 fev. 2011. Disponível em: <https://geotecnologias.wordpress.com/2011/02/15/zonas-de-risco-a-alagamento-em-belem/>. Acesso em: 07 jan. 2022.

SALCEDAS, M. R. M. Q. R. **Validação de um método de análise multi-elementar para análise de vinhos, mostos e aguardentes usando a técnica de espectroscopia de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES)**. 2022. 98 f. Relatório de Estágio (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, Portugal, 2022.

SALES, L. M. S.; PRADO, R. B; GONÇALVES, A. O. Análise comparativa entre sondas multiparamétricas para avaliação da qualidade da água para fins agroambientais. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos (SP). **Anais [...]**. São Carlos: Embrapa, 18 a 20 nov. 2014.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B.; PENNA, M. T. M. Manganês. *In*: CETEM. **Rochas e Minerais Industriais**. 2 ed. Brasília, DF: CETEM, 2008. Cap. 28.

SANTANA JÚNIOR, R. R. M. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do prolongamento da Avenida João Paulo II, Belém-PA**. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Análise Espaço-Temporal, Geoprocessamento, Análise Topográfica e Análise Ambiental) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém (PA), 01 mar. 2018.

SANTO, V. C. P. Aurá de Gentes, Lixo e Água: Ação Pública e Racionalidades em confronto em Belém (Pa). **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro (RJ), v.06, n. 01, p.65-89, março 2014.



SANTOS, T. V. dos. Metropolização e diferenciações regionais: estruturas intraurbanas e dinâmicas metropolitanas em Belém e Manaus. **Cadernos Metropolitanos**, São Paulo-SP, v. 19, n. 40, pp. 865-890, set/dez 2017.

SANTOS, E. A.; MARIANO, T. L. S.; BARJA, P. R.; AQUINO-SILVA, M. R. Aplicação do processo de fitorremediação utilizando VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES* (L.) NASH.) na descontaminação de solos tropicais contaminados por chorume. **Revista Univap**, São José dos Campos-SP-Brasil, v. 26, n. 51, pp. 43-55, jan. 2020. ISSN 2237-1753.

SANTOS, K.P.; OLIVEIRA, V.P.S. Percepção ambiental das comunidades ao entorno do Parque Estadual da Lagoa do Açú/RJ. **HOLOS**, Natal (RN), v. 6, n. 36, p. 1-16, ago. 2020.

SCHNEIDER, V. E. RIBEIRO, H. G.; GIORDANI, M. A. P. CECHINATTO, M.; SILVA, A. G. da; CARRA, S. H. Z. Sistema de Informação Ambiental: proposta de adequações ao módulo de fauna para sua utilização como uma ferramenta de apoio à aprendizagem. **SCIENTIA CUM INDUSTRIA**, Caxias do Sul, v. 5, n. 3, pp. 137 – 142, dez. 2017.

SCHVARSTZHAUPT, C. C. **Contribuições para o monitoramento de uso de parques urbanos: o caso do Parque Marinha do Brasil, em Porto Alegre/RS**. 2018. .197 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 29 de junho de 2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)**: Pesquisa complexa: Poço 1500002079. Atualizado em 22 dez. 2021a. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=1500002079>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**: Apresentação. Brasília, DF: SGB-CPRM, atualizado em 22 dez. 2021b. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**: Visualizar mapa. Brasília, DF: SGB-CPRM, atualizado em 22 dez. 2021c. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**: Pesquisa complexa. Brasília, DF; SGB-CPRM, atualizado em 22 dez. 2021d. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)**: apresentação. Brasília, DF: SGB-CPRM, atualizado em 22 dez. 2021e. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)**: visualizar mapa. Brasília, DF: SGB-



CPRM, atualizado em 22 dez. 2021f. Disponível em:
http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)**: Pesquisa complexa. Brasília, DF: SGB-CPRM, atualizado em 22 dez. 2021g. Disponível em:
http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php?rimas=true. Acesso em: 08 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Geoquímica Ambiental**: Geologia, Meio Ambiente e Saúde: Gestão Territorial: Página Inicial. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2022a. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia%2C-Meio-Ambiente-e-Saude/Geologia-Medica-5361.html>. Acesso em: 05 jan. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Monitoramento Hidrológico e Hidrogeológico**: Hidrologia: Página Inicial. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2022b. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Monitoramento-Hidrologico-e-Hidrogeologico-366>. Acesso em: 05 jan. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Geologia Médica**. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2022c. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia%2C-Meio-Ambiente-e-Saude/Geologia-Medica-5361.html>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)**: Pesquisa Geral (Rimas): Poços do estado do Pará nº [1500002065](#); nº [1500002079](#); nº [1500002162](#); nº [1500002164](#); nº [1500003032](#); nº [1500003822](#); nº [1500003919](#); nº [1500004658](#); nº [1500004998](#); nº [1500005085](#); nº [1500005101](#); nº [1500005110](#); nº [1500005167](#); nº [1500005254](#); nº [1500005310](#); nº [1500005376](#); nº [1500005542](#); nº [1500005574](#); nº [1500005602](#); nº [1500005605](#); nº [1500005620](#); nº [1500005621](#); nº [1500005622](#); nº [1500005625](#); nº [1500005626](#); nº [1500005632](#); nº [1500005633](#); nº [1500005635](#); nº [1500005722](#); nº [1500005898](#); nº [1500006560](#); nº [1500006765](#); nº [1500006851](#); nº [1500006923](#); nº [1500007415](#). Brasília, DF: SGB-CPRM, atualizado em 10 nov. 2022d. Disponível em: http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php?rimas=true. Acesso em: 17 nov. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB – CPRM). **Folha SA.22 Belém: carta hidrogeológica - escala 1:1.000.000**. Rio de Janeiro (RJ): SGB-CPRM, 2022e. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17470>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). **Rede de Laboratórios de Análises Minerais - Rede LAMIN**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Laboratorios-de-Analises-Minerais-Rede-LAMIN-265>. Acesso em: 16 jan. 2023.

SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; DE CAPITANI, E. M.; CUNHA, F. G. (ed.). **Geologia Médica no Brasil**. Rio de Janeiro: SGB-CPRM, 2006. 219 p.



SILVA, L. M. **Qualidade ambiental das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá, Belém, PA.** 2014. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, Pará, 2014.

SILVA, R. L. L.; SILVEIRA, G., L. Avaliação do uso da sonda multiparâmetros em apoio ao monitoramento da qualidade da água em rios. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 12, 2014, Natal (RN). **Anais [...]**. Natal: ABRH, 04 a 07 nov. 2014.

SILVA, J. B. da; SILVA, M. C. de P. Educação Ambiental aplicada em Parque Estadual do Pará: uma perspectiva crítica. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista (RR), v.11, n.1, pp. 75-86, 2017.

SILVA, D. D.; CHAVES J. R.; BATISTA, R. F.; TEIXEIRA, L. C. G. M.; MENDONÇA, N. M. Ocorrência de micropoluentes em manancial de captação reservatório Bolonha Belém/PA. *In: CONGRESSO ABES*, 30, 2019a, Natal (RN). **Anais [...]**. Natal: ABES, 16 a 19 jun. 2019. p 1-10.

SILVA, J. P.; MESQUITA, K. F. C.; PEREIRA, J. A. R.; SOUSA, R. R.; VARELA, A. W. P.; SOUSA, P. H. C.; SANTOS, R. M.; SANTOS, M. L. S. Índices de qualidade da água no sistema de captação de água da região amazônica (Brasil). **Scientia Plena**, Aracaju (SE), ano 12, v. 15, p. 1-10, dez. 2019b.

SILVA, D. F.; FURTADO, L. G.; BELTRÃO, N. E. S.; PONTES, A. N. Pressões ambientais sobre serviços ecossistêmicos hídricos em um manancial em Belém, Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, Rio de Janeiro (RJ), v. 9, n. 8, p. 1-22, jul. 2020.

SILVA JÚNIOR, A. R. **Indicadores da vulnerabilidade, risco socioambiental e educação ambiental para prevenção e mitigação de desastre natural na bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém-PA.** 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2018.

SILVA, M. S.; AZEVEDO, G. M.; SANTOS, Y. B.; SOARES, A. F. N.; SOUZA, C. S. Uso de tecnologias sociais do tipo Wetland no tratamento dos efluentes domésticos do Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju. *In: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (SNCT)*, 2019, Aracaju (SE). **Anais [...]**. Sergipe: IFS, 15 out. 2021. p 392-396.

SISTEMA. *In: MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/sistema/>. Acesso em: 06 out. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnósticos SNIS 2021/2022 (ano de referência 2020):** água e esgoto: Dados Preliminares do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020: Tabela completa de indicadores desagregados e agregados. Publicado: 18 jan. 2021. Última Atualização: 04 out. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 31 out. 2022.

SOARES, A. A. S.; CARVALHO, A. C.; SOARES, D. A. S.; BASTOS, R. Z. Fundamentos para a gestão das inundações periódicas nas planícies de Belém (Pará-Brasil) com vistas ao



seu desenvolvimento local. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**. Enero 2018 - ISSN: 1988-7833.

SODRÉ, S. S. V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-PARÁ**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SOUSA, I. S.; LIMA, S. P. M.; SANTOS, T. V. Técnica, espaço e tempo: grandes objetos urbanos e a difusão da metropolização na Amazônia brasileira. **Paper do NAEA**, Belém, PA, v. 28, n. 1, pp. 172-197, 2019.

SOUZA, F. T. S. **Parques urbanos de Belém: embelezamento e proteção ambiental**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Belém, 14 set. 2018.

SOUZA, C. B. G. Conflitos territoriais na gestão de parques urbanos na Amazônia: O caso do Parque Estadual do Utinga – Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba (PR), v. 6, n. 1, pp. 1377-1394, jan. 2020. ISSN 2525-8761.

SOUZA, C. B. G.; CAMPOS, A. S.; SOUSA, F. B. B.; SANTOS, A. M. A.; CARVALHO, G. P. O uso de indicadores ambientais na avaliação de unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Utinga em Belém/PA (PEUT). **Nature and Conservation**. Aracaju (SE), v. 13, n. 1, p.86-94, dez. 2019 a fev. 2020.

SUBURBANIZAÇÃO. In: Fórum das Cidades. Lisboa, Portugal: DGT, 2016. Disponível em: <https://www.forumdascidades.pt/content/suburbanizacao>. Acesso em: 03 jan. 2022.

SULATLANTICA. **Ficha de Informações De Segurança de Produtos Químicos: Óxido de Magnésio**. Rio de Janeiro (RJ), 2013. 6 p.

TEIXEIRA, L.; ALVES, L. Ciência, saúde e doenças emergentes: uma história sem fim. **Casa de Osvaldo Cruz (FIOCRUZ)**. Rio de Janeiro (RJ), 04 jul. 2020. Disponível em: <http://www.coc.fiocruz.br/index.php/en/todas-as-noticias/1767-ciencia-saude-e-doencas-emergentes-uma-historia-sem-fim.html>. Acesso em: 18 jan. 2022.

TOMBERG, Y. O. Mapeamento de periferização em potencial segundo a topografia de Herval, RS. **Oficina de Modelagem Urbana**, Universidade Federal de Pelotas, RS, 17 set. 2020. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ofm/2020/09/17/mapeamento-de-periferizacao-em-potencial-segundo-a-topografia-de-herval-rs/>. Acesso em: 03 jan. 2022.

TUNGSTÊNIO. In: **Instituto de Desenvolvimento da Mineração (IDM Brasil)**. Brasília, DF, 30 out. 2019. Disponível em: <https://idmbrasil.org.br/item/tungstenio/78/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ (UEPA). **Histórico e Missão**. Belém, PA:UEPA, 2022. Disponível em: <https://www.uepa.br/pt-br/pagina/historico-e-missao>. Acesso em: 23 mar. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE). Diretório Acadêmico de Gestão da Informação (DAGI). **O que é Gestão da Informação?** Recife (PE): UFPE, 2020.



Disponível em: <https://sites.ufpe.br/dagi/2020/07/05/o-que-e-gestao-da-informacao/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA). **Regimento Geral**. Belém, PA: UFPA, 2006. 68 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA (UFRA). **Estatuto da UFRA**. Belém, PA: UFRA, 2003. 30 p.

UMA estrutura PHP/MapScript do MapServer. **p.mapper**, 2013. Disponível em: <https://www.pmapper.net>. Acesso em: 11 mar. 2022.

VIANA, M. Jardins filtrantes vão tratar águas poluídas na Avenida João Paulo II. **Rede Pará**, Belém (PA), 29 ago. 2014. Disponível em: <https://redepara.com.br/Noticia/104588/jardins-filtrantes-vaotrataraguaspoluidasnaavenidajoaopauloii>. Acesso em: 21 out. 2022.

VIGLIO, E. P. **Geoquímica regional multielementar aplicada aos campos da saúde humana e ambiental na porção continental da folha AS. 22-X-D – Belém região nordeste do Pará volume I**. 2008. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 12 mai. 2008.

WANG, Min; JIANG, Bo; ALATALO, Juha M.; BAI, Yang; WANG, Qing; TAN, Juan; RUAN, Junjie; SU, Jinghua. Improved ecological monitoring for urban ecosystem protection in China. **Ecological Indicators**, Xishuangbanna (China), n. 120, pp. 1-4, 22 September 2020.

WU, Qin; LI, Qianlin; LU, Jiahai. A One Health strategy for emerging infectious diseases based on the COVID-19 outbreak. **Journal of Biosafety and Biosecurity**. Guangzhou, China, ano 4, pp. 5-11, 2022.

XAVIER, F. V. MALAGUTTI FILHO, W. SILVA, R. W. C. MOREIRA, C. A. Emprego da sondagem elétrica vertical integrada às análises químicas e microbiológicas no diagnóstico preliminar da contaminação do solo e da água subterrânea no cemitério municipal da cidade de Rio Claro (SP). **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro (RJ), v. 23, n. 2, pp. 333-344, mar/abr 2018.

ZIRCÔNIO: história, propriedades, estrutura, riscos, usos. *In*: **Maestrovirtuale.com**. [S.l.], 2022e. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/zirconio-historia-propriedades-estrutura-riscos-usos/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZULIANI, D. Q.; ABREU, L. B.; CURI, N.; CARVALHO, G. S.; COSTA, A. M.; MARQUES, J. J. Elementos-traço em águas, sedimentos e solos da bacia do rio das Mortes, Minas Gerais. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, Vol. 04, n. 33, pp. 308-326, jul. 2017.



APÊNDICE A - O PEU^t NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A RMB

1 Plano de Manejo da UC

De acordo com o documento em questão:

Apesar dos problemas inerentes de estrutura e das dificuldades de fiscalização existentes no Parque do Utinga, há grandes oportunidades para potencializar o seu uso público. O aumento do uso público do parque promoveria a inclusão social na RMB por meio do espaço de lazer e educação ambiental disponíveis à população. Esse potencial deve ser explorado a partir da boa gestão dessa UC. Além disso, as intervenções do governo do Pará previstas para o futuro devem ser viabilizadas (PARÁ, 2013b, p. 225, grifo nosso).

Os formuladores do referido Plano destacam ainda que a população sendo atraída efetivamente pelos atributos naturais do Parque, torna mais verossímil a possibilidade de a UC ser reconhecida como um relevante patrimônio ambiental da Região Metropolitana de Belém, o que poderia torna-la uma referência na Amazônia em modelo de parque urbano.

Como um possível atrativo do Parque, o Plano enfoca o seu potencial biológico em área urbana, cuja diversidade vegetal, ictiofauna¹⁶, herpetofauna¹⁷, avifauna¹⁸, mastofauna¹⁹ e entomofauna²⁰ podem se constituir em elementos naturais capazes de ativar o entusiasmo dos visitantes em conhecer mais a fundo a inter-relação entre as espécies, e qual os benefícios sociais, econômicos, ambientais e climáticos que esta associação pode trazer à sociedade (PARÁ, 2013b).

Além da beleza cênica proporcionada pelos lagos Bolonha e Água Preta, em conjunto com a biodiversidade²¹ local, o PEUt fornece à população da RMB, em especial aquela de seu entorno, a regulação do clima, pois gera um microclima com temperaturas mais baixas do que aquelas verificadas no restante da região metropolitana. Ademais, como já enfatizado, é responsável pelo fornecimento de água para uma parcela da população de Belém, como também pela oportunidade de os visitantes interagirem com a natureza.

Todas essas características tornam o PEUt um local propício para apoiar a implementação da Educação Ambiental na RMB, atendendo aos preceitos da Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental no Brasil, onde está definido o seguinte:

¹⁶ Totalidade de peixes de determinada região (MICHAELIS, 2022a).

¹⁷ Conjunto dos répteis e anfíbios existentes numa região. (PRIBERAM, 2021a).

¹⁸ Conjunto das aves existentes em uma região (MICHAELIS, 2022b).

¹⁹ Conjunto dos mamíferos existentes numa região (PRIBERAM, 2021b).

²⁰ Espécies de insetos de determinada região (MICHAELIS, 2022c).

²¹ Conjunto de todas as espécies de plantas e animais existentes na biosfera; diversidade. Ou, Conjunto de comunidades animais e vegetais existentes em determinada região ou época (MICHAELIS, 2022d).



A Educação Ambiental compreende os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (BRASIL, 1999, Artigos 1º e 2º, grifo nosso).

A conscientização da população é condição fundamental para a preservação do PEUt e a Educação Ambiental um meio de diminuir os problemas causados pelas ações antrópicas. Neste contexto, Silva e Silva (2017) esclarecem que “a institucionalização de Unidades de Conservação (UCs) associada a ações de Educação Ambiental (EA) tem sido uma alternativa prática usual na Amazônia”.

Em PARÁ (2013b) está posto que a implementação do turismo ecológico (ou ecoturismo) no PEUt é um caminho para o reconhecimento de Belém e Ananindeua como municípios que promovem a conscientização ambiental, através da interação harmônica de visitantes com a floresta Amazônica, em meio a um centro urbano. Como reflexo disso presume-se que as cadeias produtivas ligadas ao turismo devam ser beneficiadas, com o correspondente ganho econômico-social para as municipalidades.

Informações sobre o ecoturismo no mundo mostram que esta modalidade vem ganhando cada vez mais destaque, por ser menos convencional, além de permitir o contato do homem com as belezas naturais, para contemplá-las ou para desenvolver atividades com respeito aos elementos que fazem parte delas. Já com relação ao Brasil, de 1994 para 1995 houve um crescimento de 36% nos valores movimentados pelo setor, enquanto o mundo registrou uma elevação de apenas 20%. Dados da EMBRATUR estimam que em 2005 foram movimentados cerca de 10,8 bilhões de dólares no Brasil (PARÁ, 2013b). Neste contexto, o Plano de Manejo do PEUt esclarece o seguinte:

Assim, as ações de atração turística e de ecoturismo no Parque Estadual do Utinga podem ser realizadas para atingir os objetivos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação e do decreto criador da área (decreto estadual do Pará nº 1.552/1993), além de gerar emprego e renda na região (PARÁ, 2013b, p. 233).

Em função da estreita relação entre ecoturismo e Educação ambiental, cita-se BRASIL (2007b, p. 16), onde está posto que “A diversidade de classificações a respeito da Educação Ambiental é tão vasta quanto a diversidade que inspira as inúmeras variações do ambientalismo”. Assim, cabe fazer a seguinte distinção:

- Educação **sobre** o meio ambiente: trata-se da aquisição de conhecimentos e habilidades relativos à interação com o ambiente, que está baseada na transmissão de fatos, conteúdos e conceitos, onde o meio ambiente se torna um objeto de aprendizado;
- Educação **no** meio ambiente: também conhecido como educação ao ar livre, corresponde a uma estratégia pedagógica onde se procura aprender através do contato com a natureza ou com o contexto biofísico e sociocultural do entorno da escola ou comunidade. O meio ambiente provê o aprendizado experimental, tornando-se um meio de aprendizado;
- Educação **para** o meio ambiente: processo através do qual se busca o engajamento ativo do educando que aprende a resolver e prevenir os problemas ambientais. O meio ambiente se torna uma meta do aprendizado.

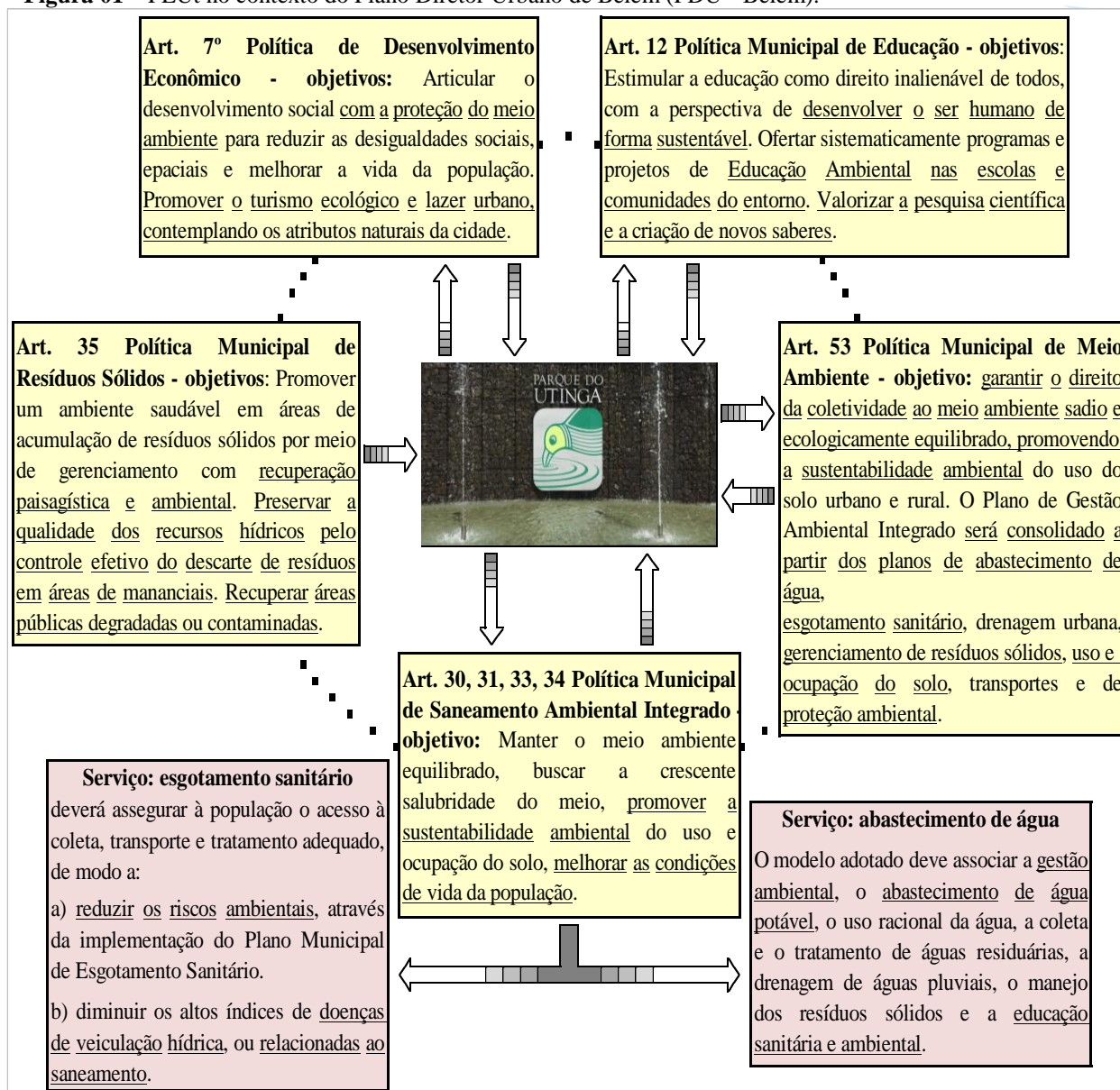
Do exposto verifica-se que conhecer o meio em que se vive, e os resultados de suas alterações, são fundamentais para direcionar o aprendizado no sentido de uma educação voltada para o desenvolvimento sustentável.

2 Planos Diretores Urbanos de Belém e Ananindeua

No que diz respeito aos preceitos da Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008, que dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, as Políticas Municipais de Desenvolvimento Econômico do Município de Belém, de Educação, de Saneamento Ambiental Integrado, de Resíduos Sólidos e de Meio Ambiente têm relação direta com o PEUt, seja como fornecedor de recursos naturais ou serviços ambientais, seja como beneficiário de ações conservacionistas ou corretivas (BELÉM, 2008).

Na **Figura 01** está apresentada sinteticamente esta relação.

Figura 01 – PEUt no contexto do Plano Diretor Urbano de Belém (PDU - Belém).



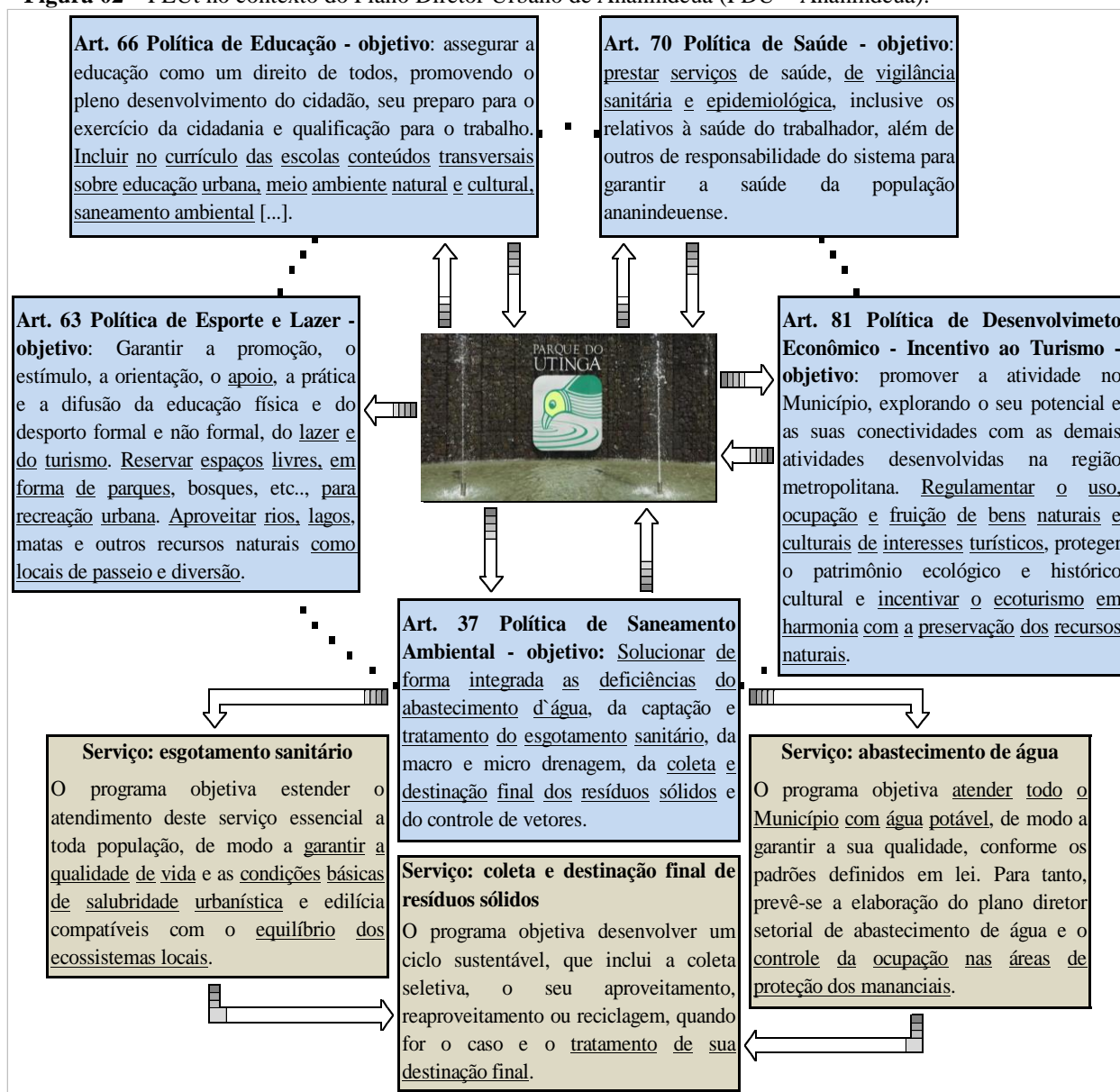
Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações do PDU - Belém.

De acordo com as informações da **Figura 01**, observa-se que no Plano Diretor Urbano de Belém há termos semelhantes ou equivalentes a: preservação da qualidade ambiental, melhoria da qualidade de vida da população, garantia do direito da coletividade ao acesso a serviços básicos e desenvolvimento do ser humano com respeito à natureza. Nota-se que todos estão associados aos serviços prestados pelo PEUt à população da RMB, seja como fornecedor de insumos para a ampliação da oferta hídrica e espaço para práticas de esporte, lazer e ecoturismo, seja pela possibilidade de se tornar um laboratório para atividades voltadas à conscientização ecológica da população. Desta maneira, todo e qualquer esforço no sentido

de protegê-lo da degradação é crucial para a implementação das citadas políticas de desenvolvimento urbano da capital paraense.

No contexto do Plano Diretor Urbano do Município de Ananindeua, instituído pela Lei nº 2237, de 06 de outubro de 2006, observa-se que há uma similaridade com o PDU de Belém (ANANINDEUA, 2006). Na **Figura 02** está exposta a relação do PEUt com o PDU de Ananindeua.

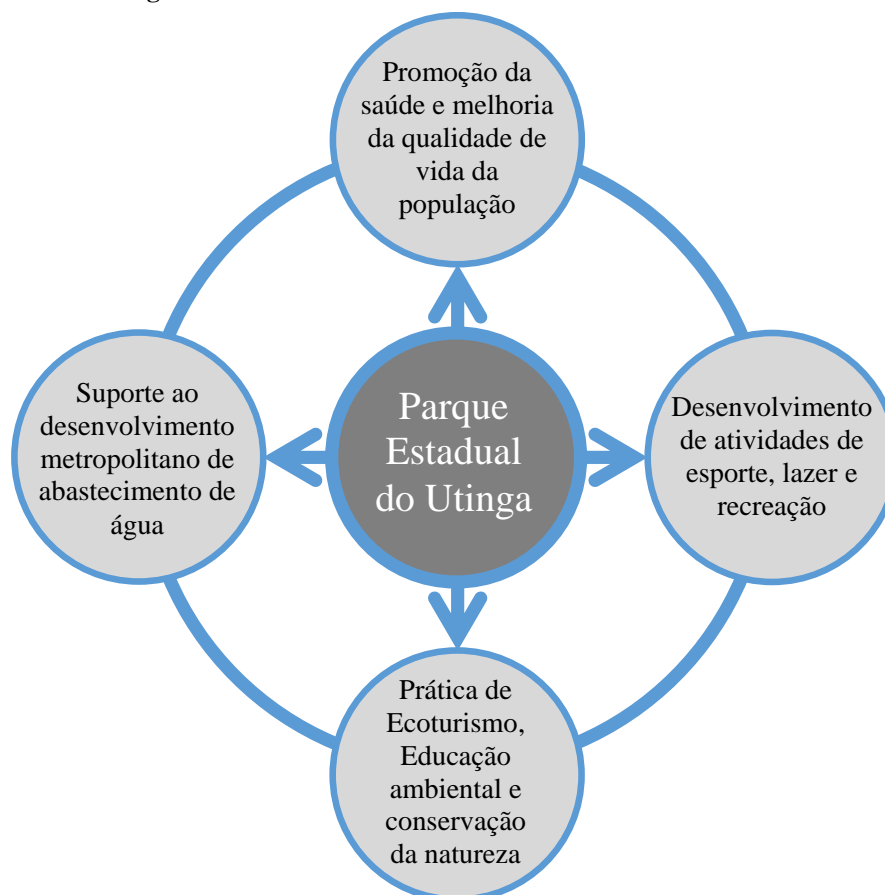
Figura 02 – PEUt no contexto do Plano Diretor Urbano de Ananindeua (PDU – Ananindeua).



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações do PDU - Ananindeua.

De acordo com a análise dos dois Planos Diretores Urbanos, pode-se dizer que o Parque Estadual do Utinga está associado às ações expostas na **Figura 03**, que fundamentam o cenário de avanços socioeconômico e ambiental da Região Metropolitana de Belém.

Figura 03 – O PEUt no cenário de desenvolvimento da RMB.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3 Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém (PMSB)

No âmbito do PMSB, somente o Relatório de Prognóstico e Alternativas para Universalização dos Serviços de Abastecimento de Água faz alusão aos serviços prestados pelos mananciais localizados no PEUt. O Plano considera os princípios do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2019a) como norteadores das metas, ações e objetivos para os serviços de saneamento básico municipal de Belém, **Figura 04**.

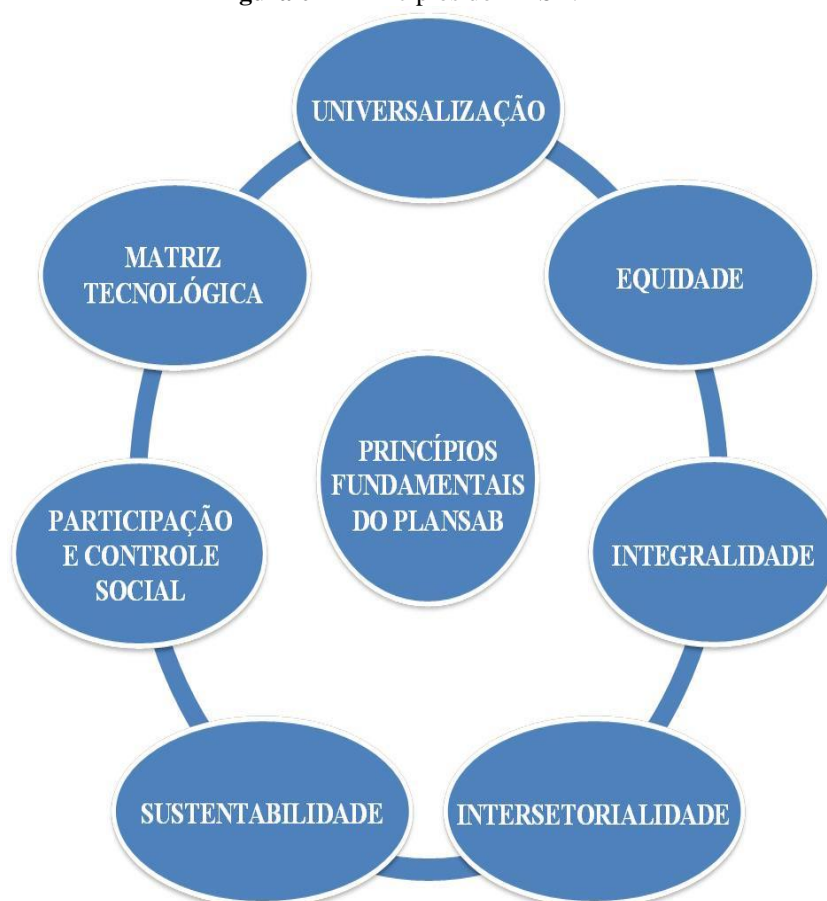
De acordo com BELÉM (2020) O PMSB tem três macro objetivos a serem atingidos, em um horizonte de 20 anos: a) universalização dos serviços; b) melhorias Operacionais; c) qualidade dos serviços e melhorias organizacional/gerencial. Em busca de cumprir tal compromisso, os gestores do Plano dividiram o território da capital paraense em 47 bacias hidrográficas, que foram instituídas como unidades de planejamento. Posteriormente estas

foram agrupadas, em função da proximidade física, resultando em cinco zonas de gestão – ZG (Figura 05).

A seguir estão descritas tais zonas (BELÉM, 2020, p. 11).

- ZG Setor 1 - Sistema Integrado Existente – composto pelos sistemas operados pela UNNORTE e UNISUL (região central de Belém).
- ZG Setor 2 - Sistema Integrado a Ampliar – composto pelos sistemas isolados da UNAM (exceto Ilha de Outeiro). UNAM: Unidade Augusto Montenegro.
- ZG Setor 3 - Ilha de Outeiro – a ser interligado ao sistema integrado a ampliar.
- ZG Setor 4 - Ilha de Mosqueiro.
- ZG Setor 5 – Ilha de Cotijuba.

Figura 04 – Princípios do PMSB.



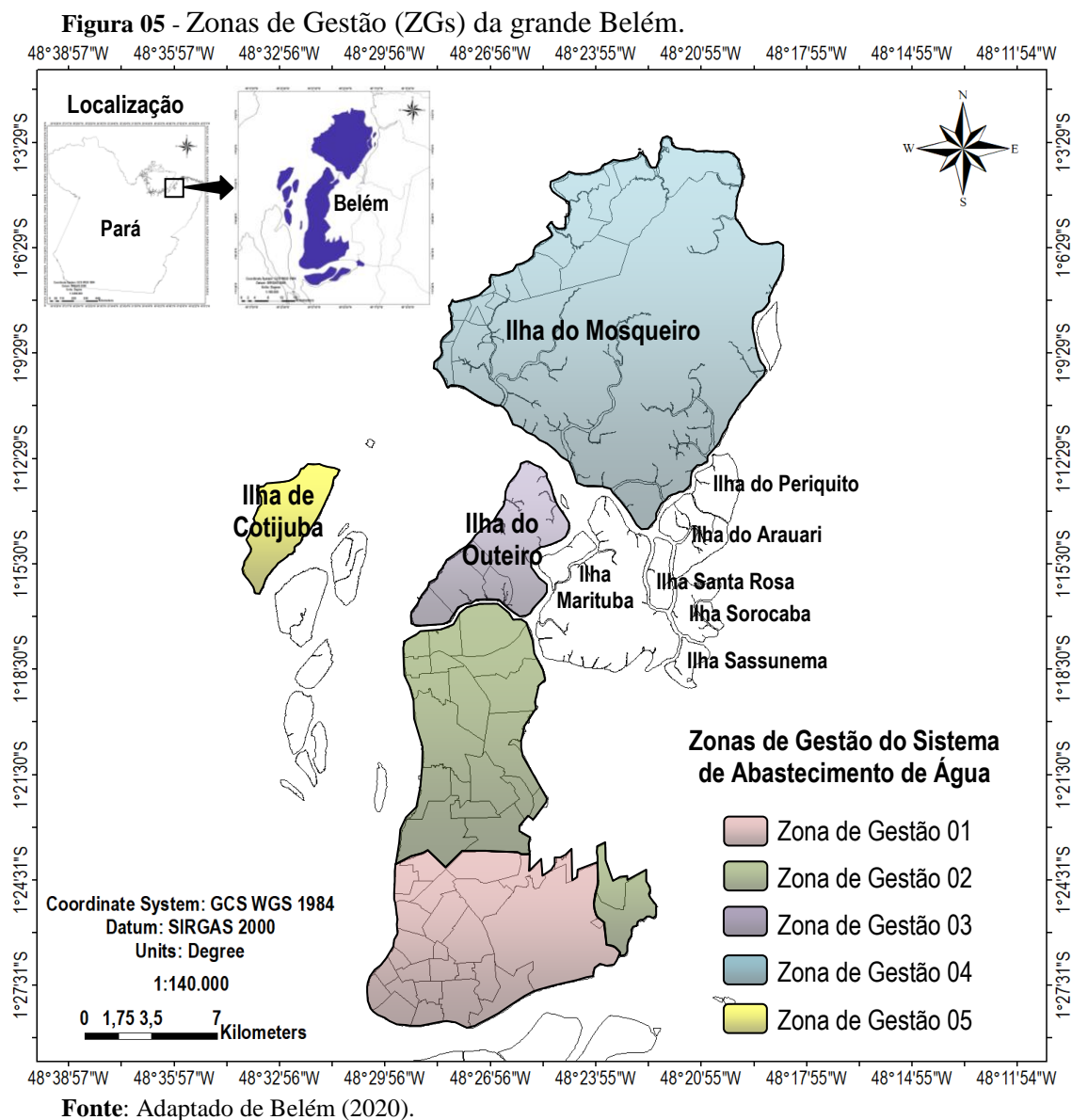
Fonte: Belém (2020).

O Plano Municipal de Saneamento Básico foi fundamentado em duas realidades futuras plausíveis de acontecer, expressas por dois cenários (BELÉM, 2020, p. 28):

- Cenário 1 – Moderada influência de vetores estratégicos de desenvolvimento, moderada modernização socioeconômica e de desempenho do sistema urbano e limitada disponibilidade de recursos para investimento.

- Cenário 2 – Média influência de vetores estratégicos de desenvolvimento, relativa modernização socioeconômica e de desempenho do sistema urbano e um pouco maior disponibilidade de recursos para investimento.

Em ambos os cenários, prevê-se a universalização dos serviços de abastecimento de água, com o percentual de economias atendidas pelos serviços de abastecimento de água em relação ao total de economias urbanas em 99%, até 2040 (BELÉM, 2020).



BELÉM (2020) destaca que “conforme demonstrado no diagnóstico do sistema de abastecimento de água, o município de Belém tem parte do seu abastecimento realizado pelo sistema integrado, cujo manancial de captação é o Rio Guamá”, o que corresponde à ZG Setor 01 (Figura 05).

No PMSB há a previsão de ampliar o sistema integrado para abastecer parte das ZG Setor 01, ZG Setor 02 e ZG Setor 03, em função dos estudos realizados pela ANA (2018a, 2018b, 2018c), que revelaram a suscetibilidade à poluição dos mananciais subterrâneos da área continental de Belém, devido à massiva urbanização da RMB. Portanto, não é possível assegurar a quantidade e a qualidade da água ao longo do período de planejamento.

Para a ZG Setor 01:

A concepção proposta de distribuição de água para a zona de gestão 1 será a mesma atualmente utilizada, com a utilização de três estações de tratamento e distribuição pelos setores existentes da UNISUL, UNNORTE e CDP. Para o setor CDP, haverá necessidade de uma nova adutora de água tratada, a qual interligará o sistema integrado de distribuição ao setor CDP (BELÉM, 2020, p. 75, grifo nosso).

Para a ZG Setor 02:

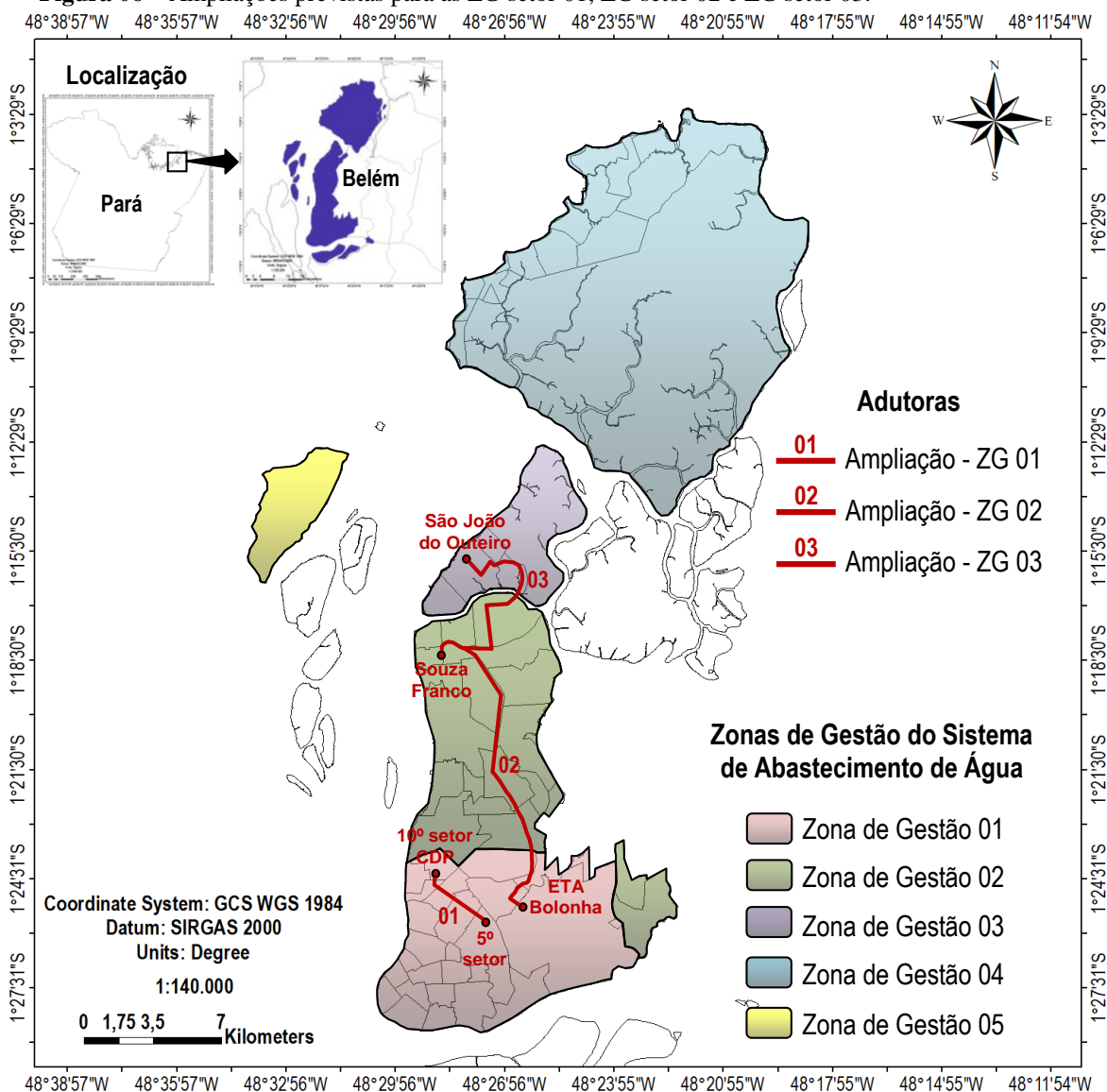
A principal mudança a ser proposta na concepção do sistema de distribuição de água de Belém é a interligação dos setores de abastecimento da UNAM ao sistema integrado de distribuição. Para tanto, haverá necessidade de implantação da adutora de água tratada da Avenida Augusto Montenegro, a qual interligará a ETA Bolonha a todos os setores de abastecimento da zona de gestão 2 (atualmente abastecidos por poços geridos pela UNAM). A extensão estimada da nova adutora é de 16,2 km em ferro fundido com diâmetro nominal inicial de 1.500 mm, com redução para 1.000 e com chegada no Setor Souza Franco em 500 mm (BELÉM, 2020, p. 77, grifo nosso).

Para a ZG Setor 03:

Por fim, tem-se ainda uma bifurcação da adutora Augusto Montenegro para o atendimento à Ilha de Outeiro, zona de gestão 3, cuja interligação tem como destino o Setor São João de Outeiro. A extensão estimada da nova adutora é de 10,8 km em ferro fundido com diâmetro nominal inicial de 500 mm (BELÉM, 2020, p. 79, grifo nosso).

Na **Figura 06** é possível observar espacialmente as ampliações anteriormente descritas.

Figura 06 – Ampliações previstas para as ZG setor 01, ZG setor 02 e ZG setor 03.



Fonte: Adaptado de Belém (2020).

Do exposto verifica-se a expressiva necessidade de ampliar o fornecimento de água tratada através da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Bolonha, para atingir a cobertura de 99% das economias da capital paraense, até 2040, apontada pelo PMSB. Entretanto, convém destacar que o atingimento de tal cobertura está atrelado à proposta de redução de 25% das perdas de água na distribuição (BELÉM, 2020).

Em conformidade com o que foi descrito, observa-se que o monitoramento das variáveis e parâmetros que indiquem as condições ambientais do PEUt e, conseqüentemente dos lagos Bolonha e Água Preta, são fundamentais para garantir informações contínuas e sistemáticas que têm o importante papel de subsidiar e orientar o desenvolvimento de

programas e ações da classe política municipal, em prol da gestão dos serviços de saneamento básico de Belém.

Neste sentido, o PDU de Belém, nos Art. 202, Art. 203 e Art. 205, apresentam o Sistema de Informações Municipais de Belém (SIB), como uma unidade funcional administrativa de gestão da informação do sistema de planejamento, através da qual a administração pública deverá oferecer, aos conselhos setoriais e à Câmara Municipal de Belém, indicadores de qualidade dos serviços públicos, da infraestrutura instalada e dos demais temas pertinentes (BELÉM, 2008).

Ademais, o PDU de Belém informa, no Art. 225, que este sistema deve armazenar e disponibilizar informações essenciais à administração municipal, dentre elas as ambientais, que, no caso de Belém e RMB, as que combinam a utilidade pública com o interesse social estão relacionadas ao PEUt, pelos serviços ambientais e provisão de água previstos para atender as necessidades da população (PARÁ, 2013b).

Art. 205 - O SIB será atualizado permanentemente pelo Poder Público Municipal, contendo dados sociais, culturais, econômicos, financeiros, patrimoniais, administrativos, físico-territoriais, inclusive cartográficos, ambientais, imobiliários e outros, de relevante interesse para o Município de Belém, progressivamente georreferenciados em meio digital (BELÉM, 2008, p. 106, grifo nosso).

4 Plano Municipal de Saúde de Belém (PMSB) e Plano Estadual de Saúde (PES-PA)

Ambos os planos estão alinhados aos princípios e às ações estratégicas do Sistema Único de Saúde (SUS)²², onde a melhoria e a eficiência da atenção básica à saúde se apresentam como resultados finalísticos a serem alcançados a partir do trabalho intersetorial coordenado nas três esferas de governo: federal, estadual e municipal (BELÉM, 2017; PARÁ, 2022).

“Plano de Saúde é um instrumento de gestão que se baseia em uma análise situacional, define intenções e resultados a serem buscado pelos gestores em um determinado período de tempo, e que deve ser expresso em objetivos, diretrizes e metas” (BELÉM, 2017).

No âmbito da atenção básica à saúde de Belém, o PMSB esclarece que a Vigilância em Saúde “tem papel importante no controle das doenças transmissíveis e não transmissíveis e na promoção da saúde coletiva dentro do território da capital paraense”, com atenção especial às pessoas em situação de vulnerabilidade social. Expõe também que a Vigilância

²² SUS: Sistema de atenção integral à saúde humana do Governo Federal, de acesso universal a toda a população do Brasil, com foco na promoção da saúde e consequente melhoria da qualidade de vida da coletividade (BRASIL, 2022a).

Ambiental (VIGISAMB) é um instrumento essencial para colocar em prática os programas VIGIÁGUA²³, VIGISOLO²⁴ e VIGIAR²⁵, do Ministério da Saúde, que visam promover o acesso da população à água potável, bem como a um ambiente salubre, livre de possíveis fontes de contaminação química e biológica (BELÉM, 2017).

No âmbito estadual, o PES-PA apresenta como metas: a) “a redução do número absoluto de óbitos por Arboviroses”, para quatro casos, em especial aqueles relacionados à Dengue, Febre Amarela, Chikungunya e Zica Vírus, até o final de 2023; b) “Ampliar a proporção de análises realizadas em amostras de água para consumo humano, quanto aos parâmetros coliformes totais, cloro residual livre e turbidez”, com estimativa de expansão na ordem de 60%, até o final de 2023 (PARÁ, 2022).

Dados demográficos do IBGE de 2020 mostram que a Região Metropolitana de Belém abriga cerca de 30,0% da população do Pará, sendo que, no contexto da RMB, Belém e Ananindeua, os dois municípios mais populosos, acomodam quase que 90,0% dos habitantes desta mesorregião paraense.

Neste cenário, Belém, que possui 99,0% da área do PEUt, tem, por conseguinte, maior influência sobre a qualidade ambiental da UC, em razão dos quase 135.000 habitantes do Distrito Administrativo do Entroncamento - DAENT (onde localiza-se o Parque), estimados em 2020, com distribuição espacial pelos bairros de Águas Lindas, Aurá, Castanheira, Curió-Utinga, Guanabara, Mangueirão, Marambaia, Souza, Val-de-Cans e Universitário (BELÉM, 2017). Dentre eles, os grifados são aqueles cuja ocupação desordenada exerce pressão territorial direta à UC, e que contribuem em maior escala com a degradação da área protegida, através dos efeitos da disposição de esgoto doméstico e lixo nas drenagens e no solo do entorno do PEUt (OLIVEIRA, 2018; SILVA *et al.*, 2020; SOUZA, 2020; PIRES, 2021). A **Figura 07** apresenta a localização do Parque no contexto dos distritos administrativos de Belém.

De acordo com abordagens anteriores, a capital paraense apresenta casos recorrentes de arboviroses associadas a alagamentos e inundações, que são frutos da combinação entre baixas altitudes, acúmulo de lixo nas drenagens e ocorrência de eventos pluviométricos

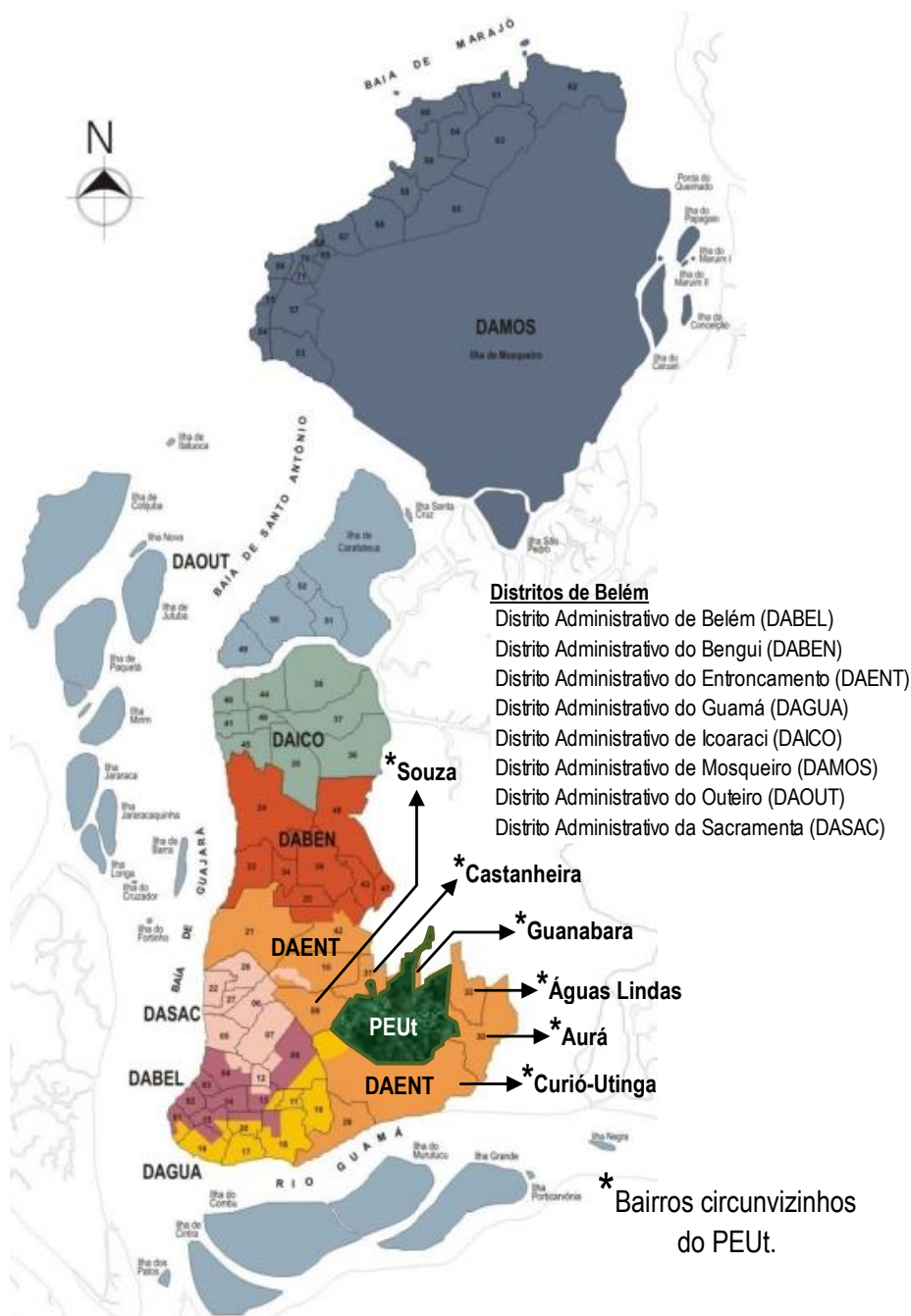
²³ VIGIÁGUA: Programa do Ministério da Saúde que se resume ao “conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública nas diferentes esferas de atuação para garantir à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade, estabelecido na legislação vigente” (BRASIL, 2022b).

²⁴ VIGISOLO: Programa do Ministério da Saúde que tem por objetivo a “vigilância em saúde de populações expostas a solos contaminados” (BRASIL, 2022c).

²⁵ VIGIAR: Programa do Ministério da Saúde que tem por objetivo a “vigilância em saúde de populações expostas à poluição atmosférica” (BRASIL, 2022c).

extremos, ocasionados pelas mudanças climáticas (LIMA-CAMARA, 2016; SILVA JÚNIOR, 2018; BARBI; REI, 2021).

Figura 07 – O PEUt no contexto dos Distritos Administrativos de Belém.



Fonte: Adaptado de BELÉM (2021).

Como representam sérios riscos à saúde pública, Donateli *et al.* (2019) defendem a vigilância permanente das arboviroses, como forma de prevenir o aumento de infecções,

internações e óbitos. Além disso, a população mundial ainda atravessa uma crise socioeconômica instalada pela pandemia de COVID-19, que teve início no final de 2019. O agente acusador desta nova doença, o Sars-CoV-2, também necessita ser monitorado, para que medidas de prevenção sobre novos surtos sejam tomadas pelas autoridades em saúde pública.

Neste sentido, Ferreira (2020) informa que a Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ) está monitorando a presença do Sars-CoV-2 em amostras de esgoto, e ressalta a importância desta medida para a prevenção de novos surtos da COVID-19 e para a otimização do uso dos recursos disponíveis em saúde pública.

Como Belém e Ananindeua têm baixa cobertura de coleta de esgoto: 17,3% e 2,4%, respectivamente (ITB, 2022a), os alagamentos e inundações tendem a direcionar os dejetos humanos para níveis topográficos mais baixos, como o PEUt, por exemplo.

Então, no sentido de aparelhar a RMB com um sistema de vigilância epidemiológica nos moldes daquele operado pela FIOCRUZ, alternativas devem ser criadas, pois, na região Amazônica, além da global COVID-19, há frequentes casos de arboviroses, tais como: dengue, zika, chikungunya e febre amarela. Para este fim, o PEUt se mostra bastante auspicioso na medida em que as suas águas podem ser reveladoras quanto à circulação de agentes infecciosos nos bairros periféricos da RMB que circundam a área protegida. Além disso, parte dos objetivos e metas do PSMB e do PES-PA podem ser alcançados, com a implementação dos programas VIGIÁGUA e VIGISOLO, na área do Parque Estadual do Utinga.



APÊNDICE B – ANÁLISE DO MONITORAMENTO AMBIENTAL NO CONTEXTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

1 Casos fora do Brasil

1.1 Espanha

López e Pardo (2018) realizaram estudos sobre os impactos das mudanças climáticas em parques nacionais na Espanha, e propuseram um sistema de indicadores para a avaliação e controle das alterações sociais e econômicas no Parque Nacional de Sierra de Guadarrama, um dos mais importantes do País.

O Parque Nacional de Sierra de Guadarrama possui 339,60 km² e está localizado no sistema central de cadeia de montanhas da Espanha, formando parte da divisão natural entre os platôs norte e sul que compõem o centro da Península Ibérica (LÓPEZ; PARDO, 2018) (**Figura 08**).

Figura 08 – Localização do Parque Sierra de Guadarrama.



Fonte: López e Pardo (2018).

A necessidade de identificar os impactos atuais e aqueles previsíveis relacionados às mudanças climáticas, bem como a mitigação e adaptação necessárias, são os atuais desafios no âmbito científico, político, econômico e social da humanidade. Entre esses desafios está a abordagem dos potenciais impactos sobre os parques nacionais. Em áreas protegidas, como os parques, o monitoramento é privilegiado, pois estes espaços têm suas características biofísicas protegidas e limitações de atividades socioeconômicas, sendo mais fácil controlá-los em comparação com outras áreas submetidas a dinâmicas sociais e econômicas intensas (LÓPEZ; PARDO, 2018).

Segundo os autores, a identificação, a avaliação e o monitoramento dos impactos das mudanças climáticas nos elementos ambientais dos parques são importantes tarefas para a comunidade científica, ao tempo que se revelam importantes subsídios na escolha das melhores ações do ponto de vista da gestão dessas áreas protegidas.

O resultado obtido pelos pesquisadores foi um sistema de indicadores que monitora o uso dos recursos naturais, a evolução da demografia, as atividades econômicas, além das interações sociais e políticas. Adaptado para diferentes contextos, esses indicadores poderiam também ser usados em outros parques nacionais e áreas de proteção da natureza similares por todo o mundo. Este tipo de sistema é o primeiro concebido para parques nacionais espanhóis. Trata-se de uma estrutura que pode ser útil não só para a finalidade que se propõe, mas também pode funcionar como fomentador do planejamento de resposta às mudanças climáticas e uma importante fonte de informações para a gestão de parques nacionais (LÓPEZ; PARDO, 2018).

1.2 China

Wang *et al.* (2021) realizaram estudos sobre o melhoramento do monitoramento ecológico em favor da proteção de ecossistemas urbanos na China e explicam que a proteção dos ecossistemas é considerada uma prioridade nacional, em função de serem capazes de proporcionar vários benefícios ecológicos e serviços ambientais importantes para os seres humanos. As principais estratégias de proteção dos ecossistemas aplicadas na China, em benefício da qualidade ambiental de reservas naturais, parques nacionais, e outras áreas protegidas, já foram implementadas nos EUA, Reino Unido, Canadá, México, França e muitos outros países no mundo.

No sentido de transformar o método desenvolvimentista de “crescer primeiro, consertar depois” para “civilização ecológica”, a China estabeleceu a Política de Limites Ecológicos (PLE), sem precedentes no País. O termo civilização ecológica faz alusão à visão política de gestão do relacionamento harmônico do ser humano com a natureza de forma sistemática. A PLE busca, através do planejamento coordenado, direcionar as ações das autoridades, em todos os níveis de governo, no sentido de empregar áreas ecológicas mínimas para manter serviços ecossistêmicos indispensáveis ao bem-estar social. Como efeito desta política, todas as municipalidades e províncias foram estimuladas a definir áreas de limites ecológicos, assumindo o compromisso de aferir os efeitos da PLE na otimização do uso da terra (WANG *et al.*, 2021).

Na análise dos pesquisadores a indicação de áreas de limites ecológicos representa o estabelecimento da avaliação de serviços ecossistêmicos no planejamento do uso da terra, onde uma área de limite ecológico é definida como “a área ecológica mínima necessária para garantir e manter a função de segurança ecológica, diversidade biológica e segurança nacional”.

Os autores esclarecem ainda que o monitoramento ecológico oferece meios de coletar informações para uma avaliação abrangente e precisa dos ecossistemas, dentro de uma abordagem integrada, para revelar os efeitos da Política de Limites Ecológicos. Porém, atualmente, há o problema da falta de padronização no monitoramento dos dados, o que pode causar impactos negativos na credibilidade e uso das avaliações dos efeitos da PLE. No território chinês já foram instaladas várias estações de monitoramento, destinadas a diferentes propósitos, como, por exemplo, o acompanhamento da erosão do solo ou do fluxo de carbono, que são importantes subsídios para diferentes usuários, seja na esfera pública ou privada. Neste cenário, torna-se um desafio coletar informações que permitam realizar avaliações consistentes e críveis.

O monitoramento preciso de dados é fundamental para revelar de forma abrangente e eficaz as complexas condições ambientais e os problemas sociais correspondentes. Apesar do aumento do interesse político e científico no monitoramento ecológico, a quantidade de informações disponíveis para avaliações confiáveis são bastante limitadas (WANG *et al.*, 2021, grifo nosso).

No sentido de contribuir para a padronização do monitoramento, e para as avaliações ecológicas correspondentes, os autores propuseram uma estrutura concebida a partir de questões elaboradas por usuários, pela determinação dos componentes ecológicos fundamentais da PLE e com a visão de otimizar as áreas de limites ecológicos.

Para a utilização desta estrutura transdisciplinar, em favor dos serviços ecológicos previstos pela PLE, os pesquisadores propuseram quatro indicadores principais, em busca de padronizar a eficácia do processo de avaliação da PLE: a) levantamento da biodiversidade (número de espécies e distribuição das mesmas); b) composição da paisagem (arranjo e configuração); c) funções ecossistêmicas (biomassa, rede de produção primária e cobertura vegetal); d) opinião dos usuários.

A região de Shanghai é prioritária para a Política de Limites Ecológicos por se tratar de uma megacidade e uma das mais urbanizadas da China. Em função disso, é visível, em Shanghai, observar a contradição entre o desenvolvimento acelerado da socioeconomia e a

crecente escassez de recursos ambientais. A característica predominante na PLE de Shanghai é a imperativa integração entre a proteção ambiental urbana, o desenvolvimento econômico e as necessidades da população (WANG *et al.*, 2021, grifo nosso).

Nas **Figuras 09** e **10** observa-se a localização de Shanghai, no território chinês, e o *Century Park*, que se constitui no maior parque da área urbana, ocupando uma área de 1,40 km² em meio a uma megacidade. É um ambiente onde destacam-se áreas cênicas às margens do lago, jardins e a natureza preservada (PENHA, 2014; GREAT RUNS, 2022).

Figura 09 – Shanghai no território Chinês.



Fonte: Penha (2014).

Figura 10 – Century Park – Shanghai, China.



Fonte: Great Runs (2022).

Por fim Wang *et al.* (2021) afirmam que o trabalho desenvolvido por eles proporcionou uma nova visão sobre a integração do monitoramento ecológico na implementação da PLE na China. O melhor modelo de monitoramento será aquele que

atender tanto aos interesses da classe política quanto às necessidades da população e dos usuários das informações geradas.

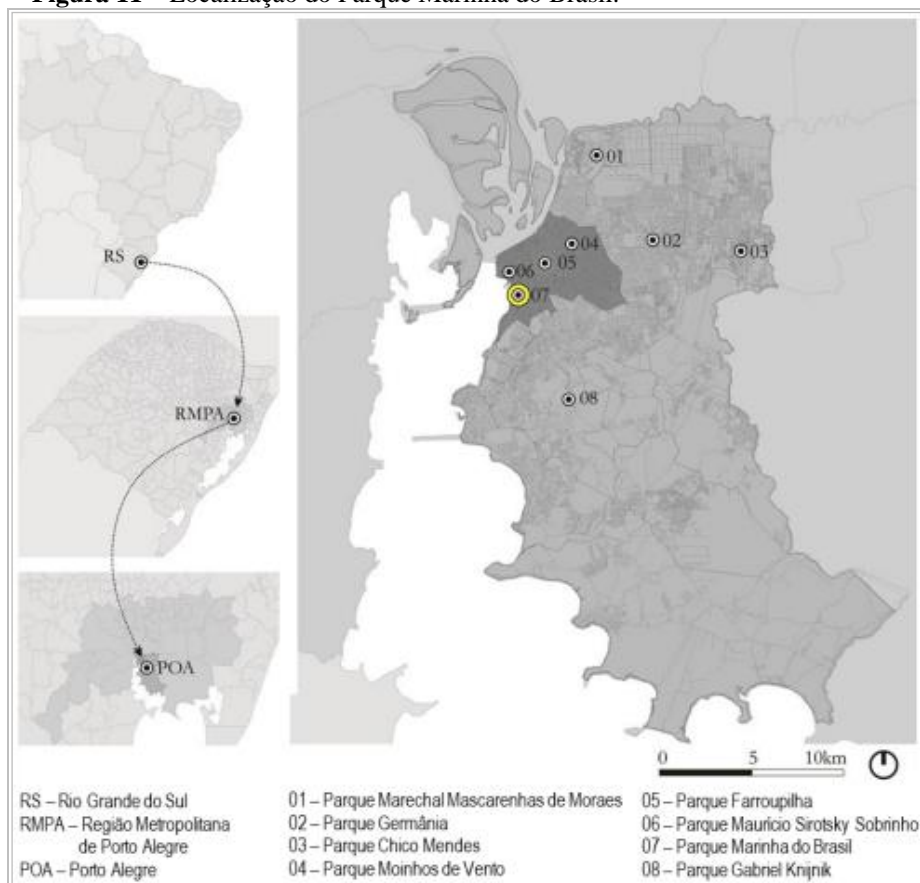
2 Casos no Brasil

2.1 Parque Marinha do Brasil (RS)

Schvarstzhaupt (2018) realizou trabalho de análise crítica de procedimentos para captura e processamento de dados no Parque Urbano Marinha do Brasil, localizado em Porto Alegre (RS), no qual abordou pesquisas de diversos autores, chegando à conclusão que parques urbanos são áreas abertas no interior das cidades, de configuração definida, com predominância de espécies vegetais nativas, além de outros elementos naturais, cujo ambiente é capaz de proporcionar atividades relacionadas a esportes, recreação e/ou lazer; de uso público; e que sua utilização compreenda a totalidade da cidade e não apenas de um ou mais bairros.

O Parque Marinha do Brasil (PMB) está situado no bairro Praia de Belas, e trata-se do maior parque urbano de Porto Alegre, com 2,5 km de extensão e 0,70 km² de área (**Figura 11**).

Figura 11 – Localização do Parque Marinha do Brasil.



Fonte: Schvarstzhaupt (2018).

A autora destaca ainda que os parques urbanos dependem de esforços do poder público e da coletividade para cumprir a função de contribuir para a qualidade de vida da população e, além disso, se tornarem espaços atraentes para a convivência social.

No sentido de contribuir com a governança desses espaços, Schvarstzhaupt (2018) esclarece que os gestores necessitam conhecer a extensão dos seus diversos recursos, para definir formas mais adequadas de gerenciá-los. Já para oferecer melhores serviços à população, é fundamental o levantamento de informações sobre as características e necessidades dos usuários, bem como da eficácia dos esforços investidos para alcançá-los.

Ademais, a autora afirma que no Brasil a ação de levantamento contínuo de dados em parques urbanos não é habitual, sendo os dados obtidos, via de regra, de forma eventual e sem preocupação com reproduções. As informações necessárias para subsidiar a gestão adequada de um parque urbano têm caráter multidisciplinar e, portanto, é necessário levantar um conjunto de informações sobre os aspectos ambientais, econômicos e sociais da área de influência do mesmo.

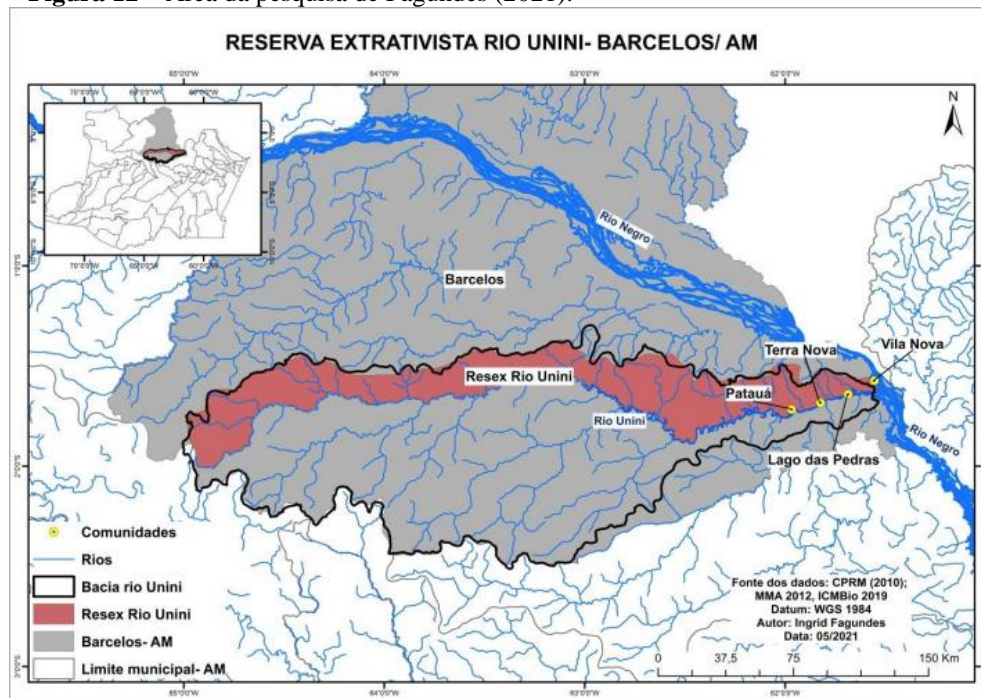
O resultado do trabalho de Schvarstzhaupt (2018, p. 126) esclarece o seguinte:

Por fim, entende-se que o monitoramento é parte fundamental dentro do processo de gestão. Através dele, é possível gerar informações de interesse para contribuir com os objetivos a serem alcançados nos parques urbanos. As informações geradas podem, tanto retratar a realidade de determinado momento quanto ser comparadas ao longo do tempo, possibilitando medir alterações. Porém, é importante salientar que, para que o monitoramento seja possível e válido, a estrutura organizacional e o processo de gestão devem estar alinhados para comportar sua execução (grifo nosso).

2.2 Reserva Extrativista Rio Unini (AM)

Fagundes (2021) realizou pesquisa na Reserva Extrativista (RESEX) Rio Unini, localizada no município de Barcelos (AM), com foco na gestão da Unidade de Conservação e na análise da efetividade do Sistema de Monitoramento de Uso dos Recursos Naturais no rio Unini (SiMUR), cuja operação é de responsabilidade da Organização Não Governamental (ONG) Fundação Vitória Amazônica (FVA), que já realiza este tipo de trabalho há mais de uma década na região. Convém ressaltar que este sistema de monitoramento abrange também a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã e o Parque Nacional (PARNA) do Jaú, ambos no Estado do Amazonas (**Figura 12**).

Figura 12 – Área da pesquisa de Fagundes (2021).



Fonte: Fagundes (2021).

Conhecer a dinâmica da gestão de Unidades de Conservação no Estado do Amazonas é necessário para compreender a relevância do monitoramento nesses territórios. Além disso, analisar o próprio sistema de monitoramento é uma ação esclarecedora quanto à efetividade do processo em atender aos objetivos propostos e, por conseguinte, o público interessado (FAGUNDES, 2021).

A autora esclarece que a gestão territorial deve ser fortalecida e conduzida pela abordagem da conservação dos elementos ar, água e solo. Neste enfoque, há o entendimento de que as áreas protegidas representam uma estratégia para a conservação ambiental, o que possibilita harmonizar as atividades antrópicas com a manutenção da qualidade dos elementos naturais. O ser humano é indissociável da natureza, por este motivo tem que envidar esforços no sentido de melhorar a utilização e manejo dos recursos disponíveis, sob pena de esgotá-los, negando o usufruto dos mesmos para as próximas gerações.

Revelando detalhes sobre a utilização do Rio Unini pela população da região, a pesquisadora informa que além dos integrantes da RESEX homônima do rio, os moradores do Parque Nacional do Jaú e da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã o utilizam para subsistência e locomoção. Revela ainda que o rio é comumente objeto de pesquisas científicas, em variados temas.

No que diz respeito às atividades econômicas, os moradores conseguem melhorar seus rendimentos com a venda da Castanha-da-Amazônia, da farinha de mandioca e da banana,

além da coleta e venda de outros bens naturais de interesse para os mercados interno e externo. A autora esclarece que o manejo e a venda do pirarucu são também fontes de renda para os ribeirinhos do Rio Unini. Para comercializar seus produtos, os moradores da RESEX criaram a Cooperativa Mista Agroextrativista do Rio Unini- COOMARU, que viabiliza a venda dos artigos oriundos da expressiva biodiversidade daquele território. A variedade de espécies comerciais precisa ser melhor definida, através de levantamentos de campo, para diversificar a oferta de bens e assim fortalecer o trabalho da cooperativa.

Fagundes (2021) explica que, dentre os levantamentos de campo, “o monitoramento da biodiversidade se caracteriza principalmente por contribuir para a avaliação de possíveis mudanças, assim como, pela mitigação dela, o qual busca sempre ter um determinado “controle” acerca da fauna e flora” (grifo nosso).

Como elemento de apoio na gestão da RESEX Rio Unini, o monitoramento traz respostas e contribui para a solução de problemas e conflitos. Com base na abordagem de outros autores, a pesquisadora salienta que as diferentes culturas no mundo não permitem o estabelecimento de um padrão sobre o que se pode, ou não, utilizar dos seus recursos naturais. Desta forma, o monitoramento das mesmas variáveis ambientais vai apresentar diferenças, às vezes consideráveis, quando forem comparados os processos em diferentes locais do planeta. O monitoramento eficaz necessita de profissionais qualificados, cuja experiência os habilite a conduzir os projetos embasados em procedimentos cientificamente comprovados. Com efeito, o monitoramento ambiental, realizado com critérios técnico-científicos, é capaz de mostrar os aspectos quali-quantitativos de um determinado recurso de um território ao longo do tempo e do espaço. Porém, para atingir este objetivo, é necessário que a coleta de dados seja um processo contínuo e sistemático (FAGUNDES, 2021, grifo nosso).

De acordo com as revelações da autora, “O principal objetivo do SiMUR na RESEX é subsidiar ações de manejo e conservação no Rio Unini através do acompanhamento da dinâmica temporal e espacial do uso de recursos naturais”. Assim, pode-se dizer que:

Os dados coletados pelo SiMUR permitem além de quantificar e qualificar, realizar análises quanto ao uso ao longo do tempo do nível familiar, comunitário e da bacia do Rio Unini, podendo associar a possíveis disponibilidade desses recursos e como foi realizado o seu uso. Além disso, é possível verificar as áreas de uso, relacionando essas informações com a experiência e o relato dos moradores (FAGUNDES, 2021, p. 111).

Em relação ao potencial de uso das informações do sistema, a autora afirma que:



O SiMUR como ferramenta de apoio a gestão das UCs já contribuiu para o desenvolvimento de estratégias para redelimitação dos limites do PARNA Jaú e da RESEX rio Unini, além do zoneamento da RESEX rio Unini e algumas propostas de manejo [...]. Por esse motivo, se entende que os dados coletados pelo SiMUR fornecem informações que colaboram com a gestão dos recursos na extração, produção e conservação da biodiversidade, além do auxílio às tomadas de decisão dos moradores. Além disso, no ano de 2015, o SiMUR recebeu o Prêmio Nacional da Biodiversidade menção honrosa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (FAGUNDES, 2021, p. 140).

Por fim, a pesquisadora conclui que o monitoramento participativo é um aliado das UCs, já que esses espaços se constituem em modernas estratégias de conservação ambiental, que privilegiam a harmonia entre o crescimento socioeconômico e o uso sustentável dos recursos naturais, sendo, portanto, necessário a inserção dos moradores nos processos de planejamento e tomada de decisões, o que contribui para a efetiva implementação das UCs.

