

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA



| Relatório Final - Volume 3 |
Plano de Gestão para as Águas
Subterrâneas da Região de Belém/PA

República Federativa do Brasil

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente

Edson Duarte

Ministro

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Christianne Dias Ferreira - Diretora-Presidente

Ricardo Medeiros de Andrade

Ney Maranhão

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Marcelo Cruz

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Tibério Magalhães Pinheiro (Superintendente)

Victor Sucupira (Superintendente Adjunto)

Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB

Fernando Roberto de Oliveira (Coordenador)

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

Leonardo de Almeida (Gestor Substituto do Contrato)

Mrcia Tereza Pantoja Gaspar (Gestora do Contrato)

© 2018 Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M, N, O e T
CEP: 70610-200, Brasília - DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Capa: Vanessa Cardoso
Local da Foto: Mercado Ver-o-Peso – Belém/PA
Autor da fotografia: Ângelo Matos

Equipe:

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF

Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)	Leonardo de Almeida (ANA)	
Márcia Helena D'Oliveira Nascimento (SEMÁS/PA)	Juvenal Andrade Neto (SEMÁS/PA)	Luciene Mota de Leão Chaves (SEMÁS/PA)
Homero Reis de Melo Junior (CPRM)	Manoel Imbiriba Junior (CPRM)	Valmor José Freddo Filho (CPRM)
Raimundo Nonato do Espírito Santo (UFPA/IG)	Ronaldo Lopes Mendes (UFPA/NUMA)	Giovanni Chaves Penner (UFPA/ITEC)
Wanderley Nascimento da Silva (COSANPA)	Alessandra Machado Noronha (AMAÉ)	Hélida Gonçalves Soares (SEMMA Belém)
Edivan de Jesus Souza (SEMMA Marituba)	Fernando Monteiro da Silva (SEMMA Marituba)	Rosângela Maria L. da Rocha (SEMMA Marituba)
Alexsandra Christine Borges de Queiroz (SEMMA Marituba)	Ricelly Luciana Luz Maia do Rosário (SEMMA Santa Izabel do Pará)	Carla Marques de Oliveira (SEMMA Santa Bárbara do Pará)

Elaboração e Execução – PROFILL Engenharia e Ambiente S.A.

Mauro Jungblut – Coordenação Geral
Cíntia Letícia Sallet – Gerente de Projetos

Membros da Equipe Técnica Executora:

Flávio de Paula e Silva e Tiago Vier Fischer – Coordenação Técnica		
Antônio Flavio Uberti Costa	Antônio Silvio Jornada Krebs	Ana Luiza Helfer
Carla Gasparini	Carlos Bortoli	Daniel Wiegand
Guilherme Joaquim	Igor Alves	Isabel Rekowsky
Marcia Regina Stradioto	Neomar Oliveira Fraga	Rodrigo Tusi Costa
Sidnei Agra		

Agradecimentos

Agradecemos a todos os colaboradores e usuários de recursos hídricos que direta ou indiretamente contribuíram com a elaboração deste trabalho.

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

A265e Agência Nacional de Águas (Brasil).
Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da
Região de Belém/PA: Relatório Final / Agência Nacional de Águas;
Elaboração e Execução: Profill Engenharia e Ambiente S.A – Brasília: ANA,
2018.

110 p. il.

Conteúdo: v.1. Diagnóstico do meio físico da região de Belém/PA – v. 2,
t 1. Hidrogeologia dos sistemas aquíferos da região de Belém/PA: Resultados
em hidrogeologia – v. 2, t. 2. Hidrogeologia dos sistemas aquíferos da região
de Belém/PA: Impactos da urbanização nas águas subterrâneas – v. 3. Plano
de gestão para as águas subterrâneas da região de Belém/PA.

1. Hidrogeologia. 2. Bacias Hidrográficas. 3. Belém, Região metropolitana
de (PA). I. Título

CDU 556.3

APRESENTAÇÃO

O Relatório Final dos “*Estudos Hidrogeológicos para Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA*” apresenta os resultados do projeto desenvolvido no âmbito do Contrato nº 039/2016/ANA, adjudicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) à Empresa Profill Engenharia e Ambiente S.A., em agosto de 2016.

Os estudos realizados estão compilados neste Relatório Final, Resumo Executivo, complementados por relatórios técnicos temáticos sobre os dados gerados no projeto, definidos a partir do Termo de Referência elaborado pela ANA e órgão gestor do Estado do Pará. O estudo contempla a ampliação do conhecimento acerca dos aquíferos nos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Izabel do Pará e Santa Bárbara do Pará, numa área de 2.536 km² (Figura 1).

O estudo foi desenvolvido seguindo nove etapas metodológicas:

Etapa I: Mobilização, Planejamento e Detalhamento das Ações Previstas: consolidação do Plano de Trabalho e coleta de dados disponíveis sobre a área de estudo, além de reunião de apresentação da equipe e definição de diretrizes e procedimentos.

Etapa II: Levantamento, Sistematização e Interpretação de Dados Existentes: busca por dados secundários, visando à avaliação e obtenção do conhecimento técnico existente na área de estudo, incluindo Geologia, Hidrogeologia, Hidroquímica, entre outros.

Etapa III: Avaliação do Meio Físico: realização dos levantamentos de campo programados com base nas fases antecedentes (etapas I e II).

Etapa IV: Levantamento Hidrogeológico: cadastramento de pontos d'água e fontes potenciais de poluição, detalhamento dos estudos climatológicos e avaliação hidrológica. Realização de ensaios de infiltração, testes de aquíferos e eleição da rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, com duas campanhas de coleta de amostras d'água para análise físico-química.

Etapa V: Avaliação Hidrogeológica: elaboração do mapa hidrogeológico e do modelo hidrogeológico conceitual para a área de estudo.

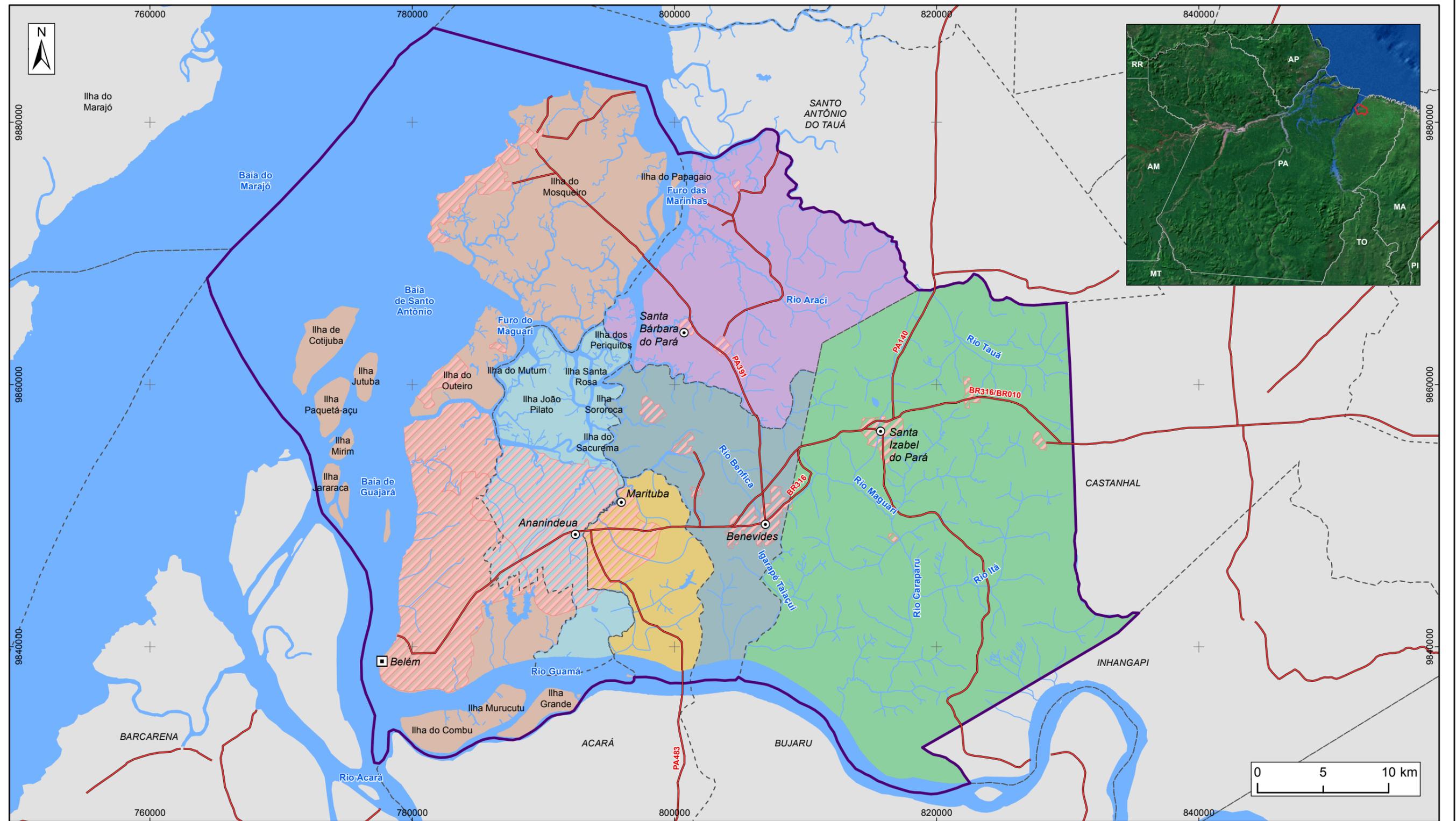
Etapa VI: Avaliação da Recarga, Reservas, Potencialidades, Disponibilidades e Exploração da Água Subterrânea: eleição e aplicação de metodologia para avaliação, a partir das características naturais e da urbanização, e cálculo do balanço hídrico.

Etapa VII: Avaliação das Atividades Antrópicas Impactantes nas Águas Subterrâneas: quantificação da exploração de água subterrânea e da recarga urbana pela infiltração de efluentes domésticos, vazamentos nas tubulações de abastecimento e fugas na rede de esgotos nos cenários atual e futuro e elaboração do balanço hidrogeológico.

Etapa VIII: Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Perigo de Contaminação: proposição das zonas com maiores potencialidades para contaminação dos aquíferos.

Etapa IX: Proposta de Estratégias de Gestão de Águas Subterrâneas: identificação dos pontos de maior sensibilidade hidrogeológica e proposição de estratégias para a elaboração de um modelo de gestão das águas subterrâneas na área de estudo.

O projeto teve a supervisão da Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF), composta por representantes de órgãos públicos dedicados ao conhecimento, distribuição e autorização de uso das águas subterrâneas na área de estudo. O estudo está orientado pelo ANEXO I - Projeto Básico, junto à documentação da Concorrência Nº 05/ANA/2015.



LEGENDA

- ▣ Capital Estadual **Município**
- ⊙ Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☁ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- ▨ Área urbana
- - - Limite municipal
- Ananindeua
- Belém
- Benevides
- Marituba
- Santa Bárbara do Pará
- Santa Izabel do Pará

Figura 1 – Localização da área de estudo



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE
Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_1_Mapa_Localizacao_A3
Escala:	1:290.000

Neste **Relatório Final** apresenta-se a consolidação dos estudos, estruturado em 14 capítulos, apresentado em três volumes, sendo o segundo subdividido em dois tomos. O produto final inclui ainda o Resumo Executivo, Relatórios Técnicos Temáticos (Impactos da Urbanização, Hidrogeoquímica, Geofísica, Testes de Aquífero e Ensaio de Infiltração), e um banco de dados (SIGBEL), que consiste no sistema de informações geográficas dos estudos que reúne mapas, relatórios, planilhas e toda a base de dados dos estudos.

O **Relatório Final** está estruturado conforme descrito a seguir:

VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Área de Estudo

Capítulo 3 – Levantamento de Dados Primários e Secundários

Capítulo 4 – Banco de Dados

Capítulo 5 – Aspectos Socioeconômicos

Capítulo 6 – Caracterização do Meio Físico

VOLUME 2 – HIDROGEOLOGIA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

TOMO I: RESULTADOS EM HIDROGEOLOGIA

Capítulo 7 – Avaliação Hidrogeológica

Capítulo 8 – Caracterização Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas

TOMO II: IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Capítulo 9 – Impactos da Urbanização nas Águas Subterrâneas no Cenário Atual

Capítulo 10 – Impactos da Urbanização nas Águas Subterrâneas em um Cenário Tendencial

Capítulo 11 – Balanço Hidrogeológico

VOLUME 3 – PLANO DE GESTÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Capítulo 12 – Estratégias de Gestão das Águas Subterrâneas

Capítulo 13 – Proposta de Plano de Gestão das Águas Subterrâneas

Capítulo 14 – Seminários de Gestão Participativa

Ao final de cada volume, estão listadas as referências bibliográficas citadas ao longo do texto ou utilizadas para consulta. Este caderno constitui o **Volume 3** do Relatório Final que inclui os **capítulos 12, 13 e 14**.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo	4
Figura 2 – Exemplos de desconformidades encontradas em poços cadastrados na região de Belém.	14
Figura 3 – Zoneamento da exploração no Sistema Aquífero Pirabas.	17
Figura 4 – Zoneamento da exploração no Sistema Aquífero Barreiras	18
Figura 5 – Cenário atual da gestão das águas subterrâneas, caracterizado por um circuito negativo (adaptado de GWMATE, 2006).	20
Figura 6 – Cenário futuro e desejado da gestão das águas subterrâneas, caracterizado por um circuito virtuoso (adaptado de GWMATE, 2006).	21
Figura 7 – Aquífero genérico e suas necessidades de intervenção relacionadas aos aspectos quantitativos (adaptado de GWMATE, 2006).....	22
Figura 8 – Aquífero genérico e suas necessidades de intervenção relacionadas aos aspectos qualitativos.....	23
Figura 9 – Contaminantes potenciais em áreas urbanas (adaptado de GWMATE, 2006).....	23
Figura 10 – Fluxo descendente das espécies contaminantes principais (adaptado de GWMATE, 2006).	24
Figura 11 – Componentes estruturantes da proposta de Plano de Gestão para as águas subterrâneas da região de Belém.	26
Figura 12 – Esquema metodológico utilizado para a proposta de divisão das unidades de gestão da região de Belém.	29
Figura 13 – Unidades de gestão propostas para a região de Belém.....	32
Figura 14 – Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Pará (SIGERH-PA).....	41
Figura 15 – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado do Pará (SEIRH).	46
Figura 16 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município de Ananindeua.....	52
Figura 17 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município de Belém.....	53
Figura 18 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município de Benevides	54
Figura 19 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município de Marituba	55
Figura 20 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município de Santa Izabel do Pará	56
Figura 21 – Cruzamento de informações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano com os de águas subterrâneas no Município e distritos de Santa Bárbara do Pará.....	57
Figura 22 – Organograma SEMAS (SEMAS, 2018)	61

Figura 23 – Organograma DIREH (SEMAS, 2018).....	61
Figura 24 – Localização dos poços indicados para a rede de monitoramento quali-quantitativa da área estudada.....	68
Figura 25 – Ciclos sazonais de recarga e descarga do Sistema Aquífero Barreiras (poço 1500005632 – RIMAS/CPRM) em Belém.	70
Figura 26 – Esquema metodológico adotado para definição das áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos.	76
Figura 27 – Áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos	77
Figura 28 – Representação esquemática do fluxo radial e dos parâmetros envolvidos na estimativa do Raio Fixo Calculado (RFC). Q= vazão de produção; t= tempo de trânsito; ϕ_e = porosidade efetiva; h= espessura saturada do aquífero; N.A= nível de água.....	88
Figura 29 – Localização dos poços abandonados segundo o cadastro do SIAGAS.	91
Figura 30 – Composição da mesa de abertura.....	94
Figura 31 – Condução do evento pelo Especialista em Recursos Hídricos da ANA, Sr. Leonardo Almeida.....	96
Figura 32 – Público presente.	97
Figura 33 – Apresentação do Geólogo Flavio de Paula, da Profill.	97
Figura 34 – Apresentação do Sr. Ronaldo Lima, da SEMAS/PA.....	98
Figura 35 – Composição da mesa de abertura.....	99
Figura 36 – Palestra de representante da SEMAS/PA.	101
Figura 37 – Palestra de representante da Agência Nacional de Águas.	101
Figura 38 – Palestra técnica de levantamento de dados.....	102
Figura 39 – Palestra técnica de hidrogeologia.....	102
Figura 40 – Palestra técnica de hidrogeoquímica.....	103
Figura 41 – Palestra técnica de impactos da urbanização.....	103
Figura 42 – Palestra técnica do Plano de Gestão.....	104
Figura 43 – Local do evento.....	104
Figura 44 – Público apresenta durante o evento.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ações de gestão prescritas para o caso análogo à região de estudo.	25
Quadro 2 – PDDUs dos municípios da área de estudo.	28
Quadro 3 – Características das unidades de gestão da região de Belém.....	30
Quadro 4 – Diretrizes para as águas subterrâneas nas unidades de gestão propostas para a região de Belém.....	31
Quadro 5 – Disposições legais sobre águas subterrâneas no Brasil.	34
Quadro 6 - Disposições legais sobre águas subterrâneas no Estado do Pará.	35
Quadro 7 – Situação dos PDDUs e PMSBs dos municípios da área de estudo	48
Quadro 8 – Poços eleitos para a rede de monitoramento.	69
Quadro 9 – Poços RIMAS localizados na área de estudo.	69
Quadro 10 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (Portaria de Consolidação nº 05/2017 – Anexo 7 do Anexo XX).....	73
Quadro 11 – Áreas de recarga dos aquíferos com remanescentes da vegetação natural	75
Quadro 12 – Áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos	76
Quadro 13 – Perímetros de proteção de poços utilizados em diferentes países	87
Quadro 14 – Perímetros de proteção de poços dos aquíferos da região de Belém e municípios adjacentes estimados pelo método do RFC	89

SUMÁRIO

12	ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	10
12.1	Subsídios técnicos para o aproveitamento das águas subterrâneas.....	11
12.2	Zoneamento da exploração das águas subterrâneas	15
13	PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	19
13.1	COMPONENTE 1: PLANEJAMENTO E GESTÃO	28
13.1.1	<i>Proposta de divisão em Unidades de Gestão.....</i>	<i>28</i>
13.1.2	<i>Complementação e aperfeiçoamento da legislação vigente e diretrizes para os instrumentos de gestão</i>	<i>33</i>
13.1.3	<i>Articulação com planos e projetos setoriais.....</i>	<i>48</i>
13.2	COMPONENTE 2: FORTALECIMENTO INSTITUCIONAL	58
13.2.1	<i>Proposta de arranjo e fortalecimento institucional</i>	<i>58</i>
13.2.2	<i>Proposta de aperfeiçoamento do quadro técnico</i>	<i>63</i>
13.3	COMPONENTE 3: MONITORAMENTO.....	65
13.3.1	<i>Proposta de rede de monitoramento quali-quantitativa</i>	<i>65</i>
13.3.2	<i>Plano de monitoramento das águas subterrâneas</i>	<i>69</i>
13.4	COMPONENTE 4: PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO	74
13.4.1	<i>Indicação de Áreas de Proteção da Zona de Recarga dos Aquíferos</i>	<i>74</i>
13.4.2	<i>Indicação de Áreas de Restrição e Controle</i>	<i>78</i>
13.5	COMPONENTE 5: INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS.....	80
13.5.1	<i>Diretrizes para o setor de infraestrutura e saneamento.....</i>	<i>80</i>
13.5.2	<i>Alternativas de incremento de água para abastecimento público.....</i>	<i>83</i>
13.5.3	<i>Perímetros de proteção de poços de abastecimento público</i>	<i>86</i>
13.5.4	<i>Indicação dos poços abandonados e/ou desativados</i>	<i>90</i>
14	SEMINÁRIOS DE GESTÃO PARTICIPATIVA.....	93
14.1	1º SEMINÁRIO DE GESTÃO PARTICIPATIVA.....	93
14.2	2º SEMINÁRIO DE GESTÃO PARTICIPATIVA.....	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	ANEXOS.....	110

12 ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As estratégias de gestão das águas subterrâneas partem da ampliação do conhecimento hidrogeológico sobre a área. Do ponto de vista prático é importante destacar que em sua elaboração concorrem os seguintes aspectos:

- i. Fomentar a noção prática de onde e como as informações do diagnóstico incidem no processo de gestão;
- ii. Desmistificar e construir caminhos para a gestão das águas subterrâneas através da avaliação crítica de suas ferramentas e processos; e
- iii. Formar massa crítica e com isso elevar o nível das discussões e intervenções na região de estudo.

A proposta do plano de gestão está ancorada em um substrato técnico, subsidiando uma iniciativa de integração entre os resultados do meio físico, as políticas que envolvem as águas subterrâneas e a participação da sociedade. Entende-se necessário existir uma conexão consonante com as virtudes e deficiências técnicas e institucionais locais. Assim, a formulação deste plano não implica lançar mão de fórmulas únicas e pré-determinadas, mas sim, do resultado de um processo interativo e de construção conjunta e negociação contínua que envolveu a SEMAS/PA (Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará) por meio da Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (DIREH) nesse processo de construção da proposta. Além disso, a Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização dos estudos, a CTAF¹, e a realização de seminários de gestão participativa com a apresentação dos resultados dos estudos e questionários serviram para alcançar contribuições e reconhecimento dos principais atores relacionados ao tema.

Certos aspectos trazidos à tona pelo estudo representam novidades metodológicas importantes e que possuem impactos estratégicos para o contexto da proposta do plano, entre eles:

- i. O conceito de gestão integrada entre as águas superficiais e subterrâneas;
- ii. A incorporação de análises isotópicas para fins de assinatura hidroquímica, origem e idades das águas subterrâneas;
- iii. A estimativa das recargas urbanas; e

¹ As instituições e os respectivos representantes da CTAF estão listados na contracapa deste relatório.

- iv. A incorporação de técnicas hidrológicas como importantes fontes de informação hidrogeológica.

A partir da apresentação desses estudos é essencial que o órgão gestor de recursos hídricos assuma o protagonismo e convide os demais atores envolvidos à discussão das propostas, com vistas a avaliar e identificar as necessidades de adaptação dos procedimentos institucionais atuais e de capacitação dos técnicos para a realidade da gestão das águas subterrâneas. É importante ressaltar, ainda, a possibilidade de replicação destas técnicas e metodologias para outras áreas do Estado e no próprio Plano Estadual e do aprendizado gerado durante todas as etapas executivas.

12.1 SUBSÍDIOS TÉCNICOS PARA O APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A exploração de águas subterrâneas para abastecimento público é normalmente realizada por meio da perfuração de poços tubulares, que são estruturas especialmente projetadas para acessar e retirar quantidades econômicas de água dos aquíferos. Os poços tubulares são construídos com máquinas perfuratrizes e caracterizam-se pelos diâmetros relativamente pequenos comparados às suas profundidades.

Os poços tubulares podem ser informalmente classificados como rasos (profundidades de até 50 m) ou profundos (profundidades maiores do que 50 m). Poços perfurados em aquíferos confinados podem ainda ser distinguidos entre jorrantes (quando água jorra naturalmente na superfície do terreno) e não jorrantes (quando o nível de água encontra-se acima do topo do aquífero, mas não alcança a superfície do terreno).

Como toda obra de engenharia, a construção de poços tubulares deve ser precedida de estudo hidrogeológico que norteará a elaboração de um projeto técnico de perfuração. O projeto deve atender às normas técnicas brasileiras (NBR 12.212/1992 e 12.244/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ter como responsável técnico um profissional, uma empresa ou uma instituição habilitada perante ao CREA, para a sua execução.

O projeto de poço compreende um conjunto de diretrizes técnicas previamente planejadas, adequadas às condições hidrogeológicas do terreno e demanda requerida. Deve combinar materiais de qualidade, ótimo desempenho, longa duração e custo razoável. A vantagem de se dispor de um projeto básico é equalizar cotações dos proponentes e evitar erros construtivos em decorrência do emprego de materiais e serviços de baixa qualidade.

Como parte integrante deste capítulo foi elaborado um Manual de Perfuração, Operação e Manutenção de Poços Tubulares Profundos para a região de Belém, o qual inclui orientações sobre a construção, operação e manutenção de poços com vistas à captação de águas subterrâneas na área de estudo. Apresenta ainda um projeto básico de captação no Aquífero Barreiras e outro para o Aquífero Pirabas, e a análise de custos do m³ de água a ser captados de cada sistema aquífero. Esse manual está disponível exclusivamente em meio digital no banco de dados deste estudo.

Os custos de captação do m³ de água foram calculados com base na estimativa de preços contemplando a perfuração do poço, instalação de equipamento de bombeamento, manutenção preventiva do sistema e consumo de energia elétrica para operação do poço. O custo do m³ de água captada do Aquífero Barreiras foi calculado em R\$ 0,189 enquanto o custo de água captada do Aquífero Pirabas foi calculado em R\$ 0,135.

A perfuração de poços é uma atividade crescente no Brasil e praticada por razões que vão desde as vantagens econômicas, obtidas com o custo de captação de água mais barato do que o valor da água cobrado pela concessionária local, passando pela segurança pessoal do usuário proporcionada pela captação exclusiva, até pela necessidade de obtenção de água diante da incapacidade de fornecimento pelo sistema público.

A despeito da intensificação crescente do uso, da legislação vigente de recursos hídricos e da existência de normas técnicas consolidadas, a maioria das perfurações de poços, particulares ou públicos, ainda é executada sem um projeto básico e sem adequação aos requisitos técnico mínimos necessários para garantir uma boa construção.

Nos levantamentos de campo realizados no âmbito deste estudo, na atividade de cadastramento de poços, registraram-se 458 captações do tipo poços tubulares e 20 por poços tipo cacimba nos municípios da região de Belém. Constatou-se que deste total, 437 poços (91%) apresentaram informações sobre exploração (vazão); apenas 52 deles (11%) possuíam dados referentes às características construtivas; apenas 6 deles (1%) mencionaram informações sobre os aquíferos explorados. Dados de teste de bombeamento foram registrados em apenas 7 poços (1%), enquanto que dados de qualidade da água foram obtidos em apenas 38 poços (8%).

A análise dos dados obtidos nos levantamentos de campo mostra que as informações hidrogeológicas obtidas na atividade de cadastramento de poços contribuíram muito pouco com o acréscimo de informações relevantes, uma vez que são incompletas e de

qualidade duvidosa. Quase sempre os proprietários não dispõem de relatórios técnicos construtivos e os executores dos poços não são legalmente habilitados. Contudo, o cadastramento foi fundamental para o órgão gestor ter um conhecimento maior sobre os usuários não outorgados e orientá-los para a regularização contribuindo para a gestão das águas subterrâneas.

A regularização das captações é fundamental na gestão dos recursos hídricos, uma vez que permite avaliar o consumo de água subterrânea e administrar a exploração com base nas disponibilidades existentes. Outro aspecto fundamental e de grande interesse do órgão gestor é que as visitas de campo possibilitam a identificação de problemas construtivos graves nos poços cadastrados, os quais podem comprometer a qualidade da água e promover a contaminação do aquífero.

Os problemas mais comuns constatados nos poços cadastrados em campo foram (Figura 2):

- Poços construídos fora de normas técnicas e sem projeto executivo;
- Falta de condições sanitárias mínimas no entorno das captações;
- Falta de tampa adequada para prevenir a entrada de corpos estranhos ao poço e infiltração de águas contaminadas;
- Ausência de laje de proteção;
- Ausência de cimentação de proteção sanitária no espaço anular do poço;
- Infiltração de águas superficiais contaminadas no local do poço;
- Inexistência de equipamento de controle e medição: hidrômetro e tubos auxiliares de nível;
- Emprego de materiais inadequados na construção do poço;
- Proximidade de fontes potenciais de contaminação;
- Ausência de cerca de proteção.



Figura 2 – Exemplos de desconformidades encontradas em poços cadastrados na região de Belém.

A usual presença de poços mal construídos deve-se à vários fatores que, isolados ou combinados, desempenham papel decisivo para a manutenção do estado atual de desatendimento às leis, normas e diretrizes para captação de água subterrânea. Entre esses fatores condicionantes podem ser citados:

- Negligência ou desconhecimento das normas técnicas vigentes de construção de poços por parte dos usuários;
- Contratação de empresas ou pessoas não habilitadas para a perfuração dos poços;
- Insuficiência de fiscalização;
- Problemas econômicos enfrentados pela população, principalmente a de baixa renda, que contrata serviços inadequados por conta dos custos mais baixos;
- Insuficiência do serviço público de abastecimento;
- Baixo nível educacional ou de consciência de cidadania da população, que não percebe que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado e frágil, essencial para a vida e bem-estar das pessoas.

12.2 ZONEAMENTO DA EXPLOTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De modo a distinguir áreas com maiores vazões potenciais e melhores características hidroquímicas, foi elaborado um mapa de zoneamento da exploração das águas subterrâneas dos aquíferos da região de Belém, com o objetivo de orientar o órgão gestor estadual nas análises de solicitações de outorga de uso das águas subterrâneas e na avaliação de áreas para instalação de sistemas de captação. Em sua concepção, o zoneamento considera também as áreas de restrição e controle e as áreas de proteção de aquíferos.

As vazões potenciais dos aquíferos da região foram configuradas nos mapas de potencialidades. O método empregado para definição das potencialidades foi baseado na análise estatística do parâmetro capacidade específica “q” (quociente da vazão de produção pelo rebaixamento), que é um dado calculado com base nos testes de bombeamento realizados logo após a perfuração do poço; nas espessuras estimadas dos sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas; e considerando um rebaixamento de 10% da espessura saturada. As vazões potenciais do Aquífero Pirabas variam entre 140 m³/h e 350 m³/h, e as vazões potenciais do Aquífero Barreiras variam entre 13 m³/h e 100 m³/h.

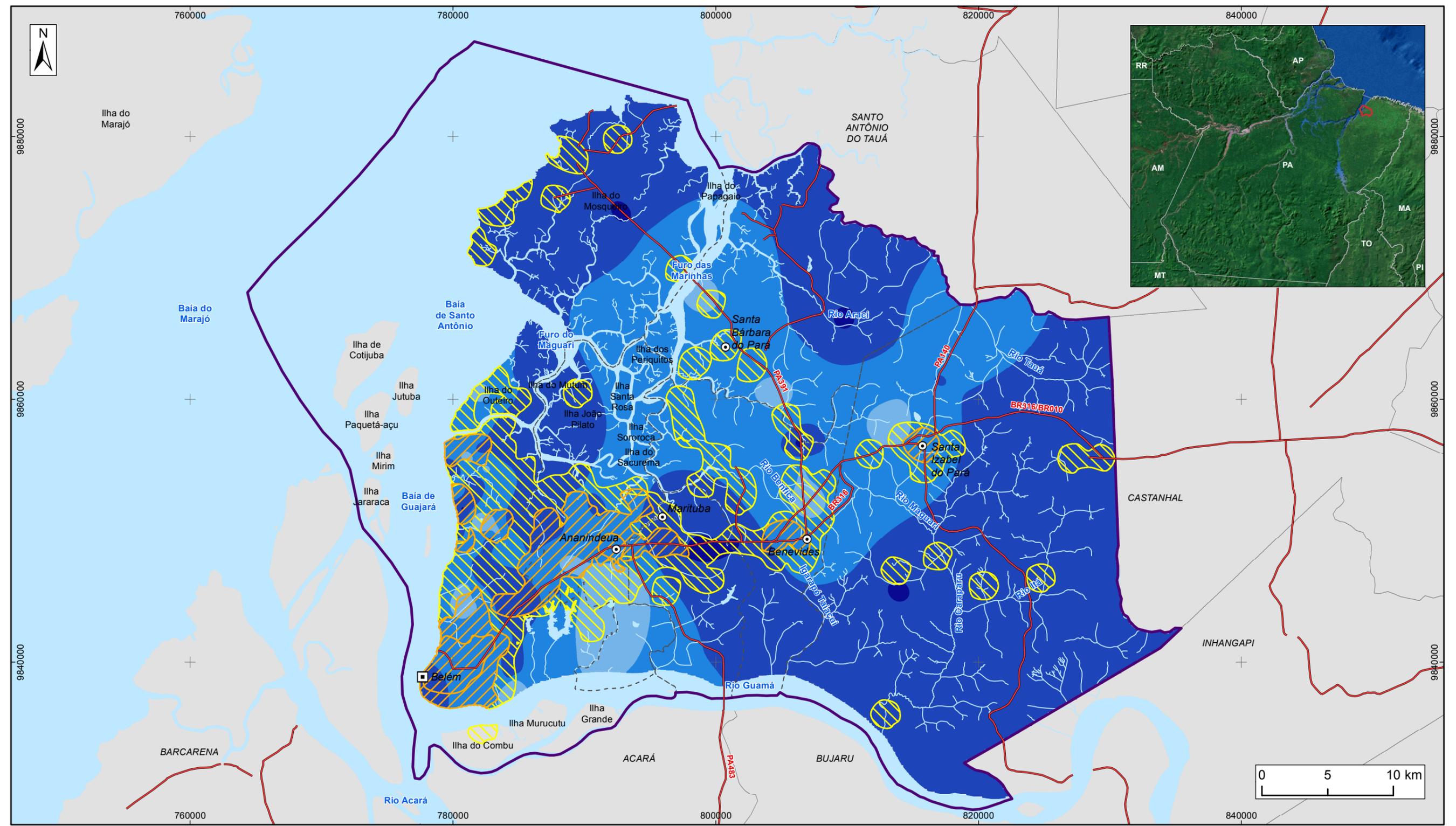
As características hidroquímicas dos sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas foram determinadas por meio de coleta e análise de amostras de água de poços previamente selecionados. As águas subterrâneas da área de estudo apresentam gradiente composicional em função da profundidade. No Sistema Aquífero Barreiras são predominantemente cloretadas sódicas e subordinadamente sulfatadas cálcicas; na porção inferior do Sistema Aquífero Pirabas são exclusivamente bicarbonatadas cálcicas. No trecho intermediário, que abrange a porção superior do Sistema Aquífero Pirabas, ocorre mistura dessas águas com predominância de um ou outro tipo em função da maior ou menor profundidade de captação.

Quando se avalia a distribuição espacial da composição química das águas dentro de um mesmo sistema aquífero, observa-se uma uniformidade dos tipos hidroquímicos. Essa uniformidade não mostra tendências que configurem um zoneamento espacial por classes composicionais.

A elaboração do zoneamento da exploração das águas subterrâneas da região consistiu na integração dos mapas de distribuição espacial das vazões potenciais (potencialidades) dos sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas, aos mapas das áreas de perigo de contaminação e das áreas recomendadas para proteção das zonas de recarga dos aquíferos. No que concerne às áreas de restrição e controle admitiu-se que áreas com perigo de contaminação considerado alto, conforme delimitadas neste estudo, requerem atenção especial no tocante à gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Essas áreas foram transformadas em Unidades de Gestão Especiais Contudo, foram indicadas áreas de gestão especial.

O mapa de perigo de contaminação representa a interação entre a carga potencial contaminante aplicada no subsolo e a vulnerabilidade do aquífero à contaminação. Na área de estudo foram destacadas duas classes de perigo de contaminação com base no método *POSH*: moderada e alta.

Os mapas de zoneamento da exploração das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Pirabas e Barreiras, elaborados conforme explanação acima, são mostrados, respectivamente, na Figura 3 e Figura 4, os quais permitem ao gestor uma avaliação rápida com relação às vazões potenciais de extração dos aquíferos e às potenciais interferências antrópicas que afetam a qualidade das águas subterrâneas.



LEGENDA

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▣ Capital Estadual ⊙ Sede Municipal ~ Hidrografia — Rodovia ☁ Massa d'água | <ul style="list-style-type: none"> ⊞ Área de Estudo - - - Limite municipal Perigo contaminação Classificação Moderado Elevado | <p>Potencialidades Aquífero Pirabas (m³/h)</p> <ul style="list-style-type: none"> 140,1 - 150 150,1 - 200 200,1 - 250 250,1 - 300 300,1 - 350 |
|--|---|---|

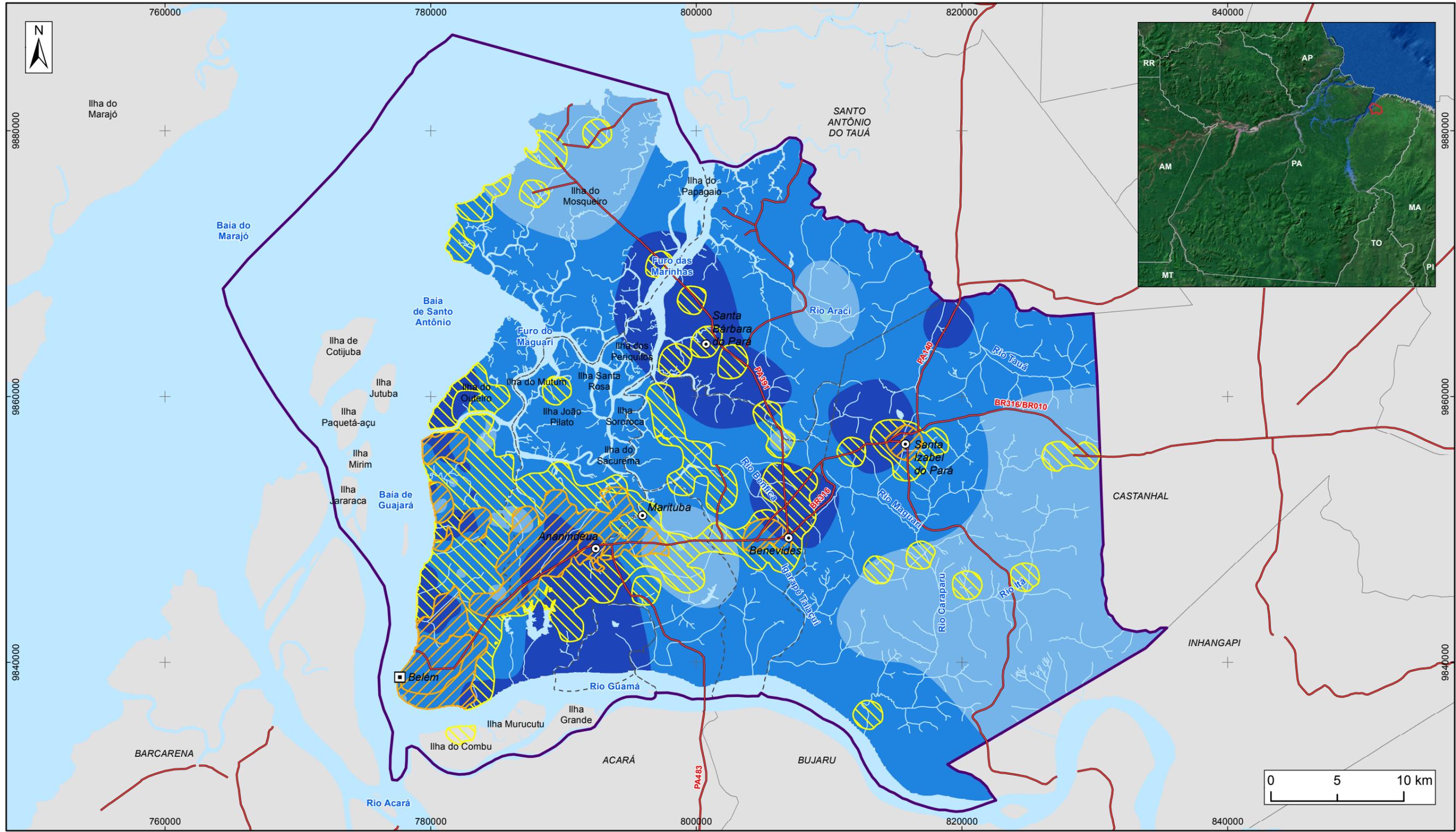
Figura 3 – Zoneamento da exploração no Sistema Aquífero Pirabas



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Potencialidade aquíferos/Perigo contaminação: ANA/Profil

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_3_Zoneamento_Pirabas_A3
Escala:	1:290.000



LEGENDA

<ul style="list-style-type: none"> ▣ Capital Estadual ⊙ Sede Municipal ~ Hidrografia — Rodovia ☁ Massa d'água 	<ul style="list-style-type: none"> ⬢ Área de Estudo - - - Limite municipal Perigo contaminação Classificação Moderado Elevado 	<p>Potencialidades Aquífero Barreiras (m³/h)</p> <ul style="list-style-type: none"> 13,4 - 20 20,1 - 40 40,1 - 60 60,1 - 80 80,1 - 100
--	---	--

Figura 4 - Zoneamento da exploração no Sistema Aquífero Barreiras



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Potencialidade aquíferos/Perigo contaminação: ANA/Profil

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_4_Zoneamento_Barreiras_A3
Escala:	1:290.000

13 PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Antes mesmo de se iniciar a proposta de plano de gestão das águas subterrâneas, faz-se oportuno realizar uma síntese do cenário atual da gestão fazendo uso do fluxograma da Figura 5. O fluxograma da Figura 5 identifica um circuito onde as demandas de uso das águas subterrâneas são crescentes e carecem de maior regulamentação e/ou controle, concomitante com o aumento da carga poluente. Essa configuração resulta em uma redução da oferta confiável e em impactos na qualidade da água dos sistemas aquíferos, culminando em uma insatisfação por parte dos usuários.

Os principais desafios desenhados para a região de Belém, conforme relatado pelo próprio órgão gestor e ratificados aqui, são:

- Carência de informações hidrogeológicas suficientes e adequadas à escala capazes de permitir o desenvolvimento de um modelo conceitual de fluxo de água subterrânea na região;
- Carência de informações de monitoramento quantitativo e qualitativo das características naturais e eventualmente antropizadas das águas subterrâneas;
- Cultura baseada na abundância dos recursos hídricos e nas soluções mais baratas, mas sem acompanhamento técnico mínimo;
- A escassa cobertura de saneamento básico na região;
- Dificuldades logísticas para fiscalização ambiental e específica de recursos hídricos;
- Aumento das demandas, inclusive para irrigação (cacau/açaí);
- Rotatividade dos técnicos que atuam diretamente na gestão em virtude de contingências contratuais.



Figura 5 – Cenário atual da gestão das águas subterrâneas, caracterizado por um circuito negativo (adaptado de GWMAE, 2006).

Esse cenário, por sua vez, se contrapõe ao cenário futuro, ou seja, aquele no qual se objetiva chegar a partir da incorporação das informações hidrogeológicas sistematizadas no presente estudo e a posterior implantação do plano de gestão.

O cenário futuro, chamado de virtuoso, é trazido pela Figura 6. Neste fluxograma, as medidas de gestão e os arranjos institucionais adotados movimentam a engrenagem no sentido da proteção dos sistemas aquíferos, passando por um uso adequado a um custo razoável e convergindo na satisfação da comunidade de usuários. Algumas virtudes, dentro do cenário atual de gestão das águas subterrâneas da região de Belém, devem ser destacadas:

- Modernização do sistema de gestão;
- Descentralização das unidades de gestão ambiental em regionais por todo o Estado do Pará;
- Campanhas de conscientização e educação ambiental com foco em usuários (condomínios na área urbana);
- Intenção de usar o presente estudo como modelo e ponto de partida para estudos hidrogeológicos em todo o Estado, incorporando as informações no próprio Plano Estadual de Recursos Hídricos.

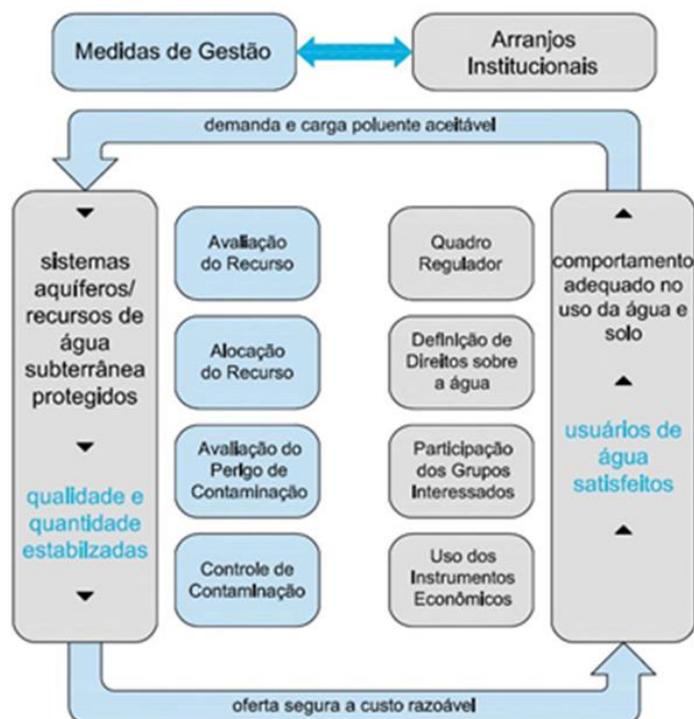


Figura 6 – Cenário futuro e desejado da gestão das águas subterrâneas, caracterizado por um circuito virtuoso (adaptado de GWMate, 2006).

Neste sentido é interessante valer-se de outro esquema (Figura 7) que adentra e caracteriza o tipo de intervenção necessária nos aquíferos para alcançar um estado de equilíbrio considerado aceitável. Vale ressaltar que neste esquema concorrem questões associadas à quantidade de água subterrânea, ou seja, em relação ao balanço entre entradas e saídas.

Neste esquema verifica-se que o aumento de extração de água subterrânea de forma não controlada faz com que a função de *stress* ultrapasse os valores máximos de sustentabilidade da extração, justamente na transição de um cenário classificado como de *Stress Significante* (2) para *Extração Instável* (3A). Para que haja uma redução do pico da função de *stress* e o sistema adentre uma condição de Extração acentuada, porém Controlada ou Estabilizada (3B), uma série de ferramentas e diretrizes, que fazem parte do pacote de gestão, precisam ser executadas.

O cenário para a região de Belém do ponto de vista da quantidade de água explorada, é coerente com a condição entre a *Linha de Base* (0) e o de *Stress Incipiente* (1), no qual, para reverter a atual tendência e induzi-la a uma condição controlada, faz-se necessário, do ponto de vista teórico, lançar mão de ferramentas de gestão específicas, tais

como minimamente: (i) contar com um mapa hidrogeológico, (ii) contar com registro de poços tubulares e, (iii) ter desenvolvido mapas de perímetro de proteção de poços.

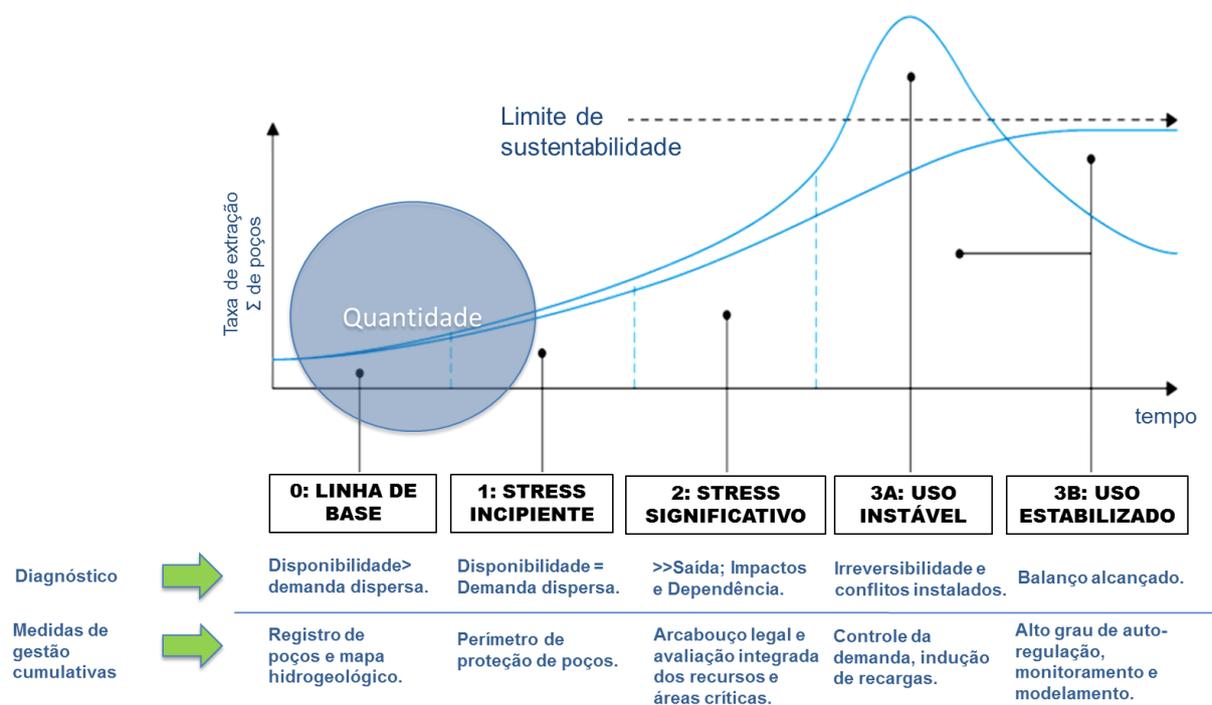


Figura 7 – Aquífero genérico e suas necessidades de intervenção relacionadas aos aspectos quantitativos (adaptado de GWMATE, 2006)

Do ponto de vista da qualidade, o cenário atual precário do saneamento básico, aliado a deficiência na fiscalização da construção de poços e à proteção das áreas de entorno dos poços de abastecimento individuais; além da alta concentração de fontes potenciais de contaminação associadas à alta vulnerabilidade do aquífero livre Barreiras, e os indícios de excessos de nitrato em alguns poços, a percepção do nível de *stress* é significativamente maior conforme pode-se observar na Figura 8.

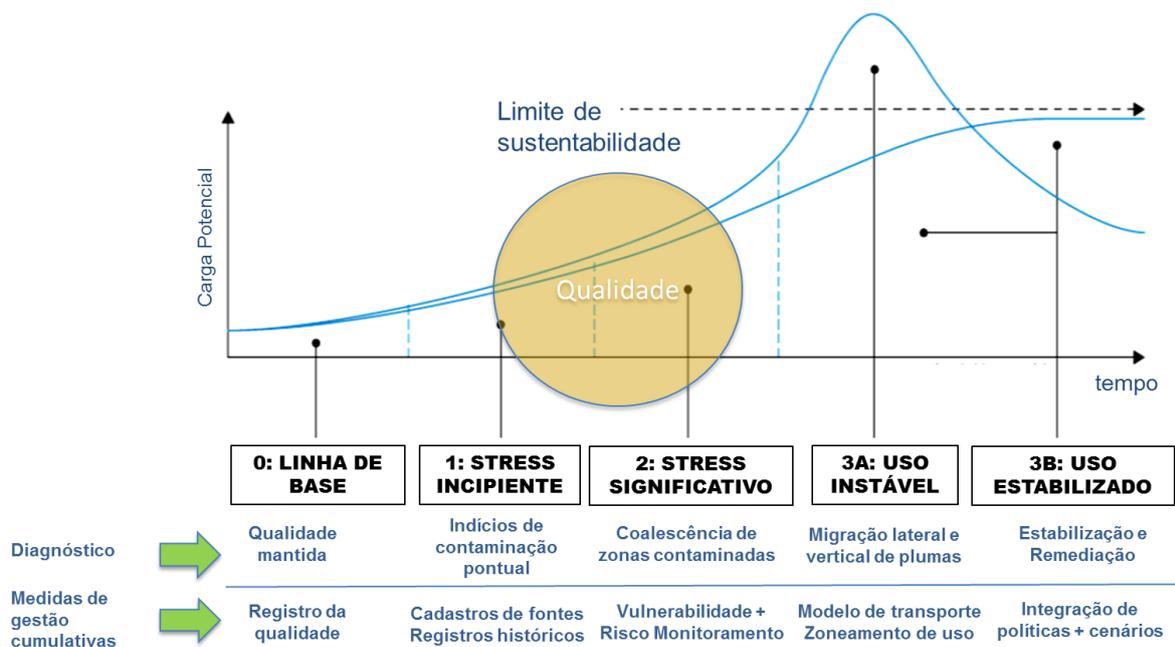


Figura 8 – Aquífero genérico e suas necessidades de intervenção relacionadas aos aspectos qualitativos.

A Figura 9 ilustra as possíveis fontes de contaminação em áreas urbanas, similares às existentes na região de Belém.

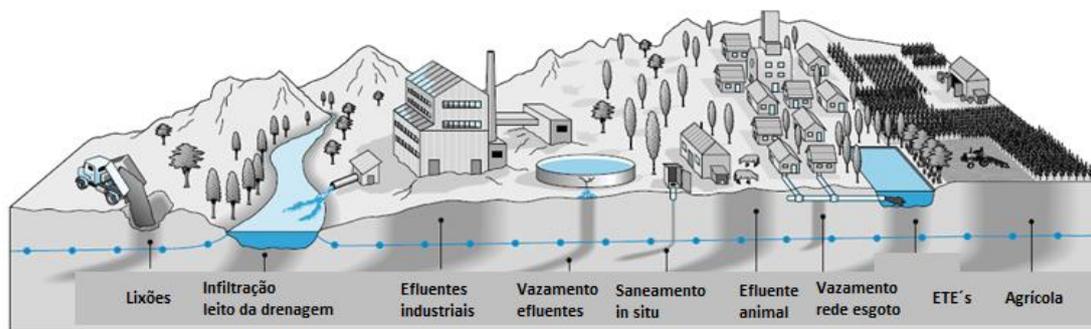


Figura 9 – Contaminantes potenciais em áreas urbanas (adaptado de GWMATE, 2006).

Na região de Belém ocorrem extensas áreas de alta vulnerabilidade em função dos níveis d'água rasos do Sistema Aquífero Barreiras. Assim sendo, a Figura 10 fornece um detalhamento da escala de tempo na qual algumas contaminações típicas de áreas urbanas se processam, ou seja, hoje os indícios de contaminação estão no Sistema Aquífero Barreiras, podendo vir a evoluir para os aquíferos inferiores como o Sistema Aquífero Pirabas, uma vez que a "aplicação" da carga contaminante é contínua ao longo do tempo.

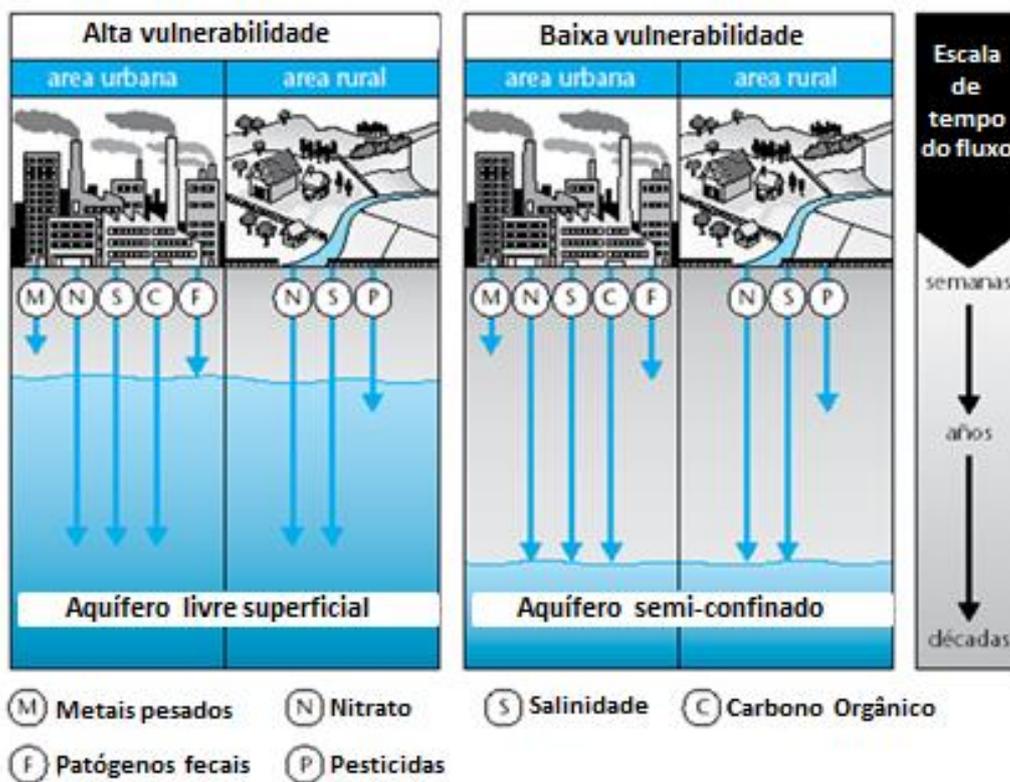


Figura 10 – Fluxo descendente das espécies contaminantes principais (adaptado de GWMate, 2006).

De forma genérica, o Quadro 1 fornece as ações prescritas para o cenário coerente com o estimado para a região de Belém. Interessante observar que as ferramentas de controle e indução de sustentabilidade referidas no Quadro 1 para os cenários 1 (e inclusive para os cenários 2 e 3, imaginando uma evolução pessimista), são coerentes e análogas aos produtos do presente estudo e que fazem parte do conjunto de zoneamentos e medidas propostas neste capítulo de gestão.

As setas no quadro enfatizam justamente a diferença entre o cenário sem e com os resultados do presente projeto. Significa dizer que do ponto de vista das ferramentas necessárias para realizar a condução da situação atual a um cenário controlado, a região de Belém contará com praticamente todas as informações necessárias advindas do presente projeto. A responsabilidade, portanto, recai na implementação prática de longo prazo das medidas.

Quadro 1 – Ações de gestão prescritas para o caso análogo à região de estudo.

Ferramentas	Nível de Stress 1: Stress Insipiente	Diagnóstico Atual	➔	Cenário Futuro (pós implementação)	Nível de Stress 2: Significativo	Nível de Stress 3: Uso Estabilizado
Quantidade	Modelo conceitual baseado em informação empírica	Não	➔	Sim	Modelo numérico com cenários	Modelos de apoio à decisão
Qualidade	Variabilidade é um tema importante	Não	➔	Sim	Processos conhecidos	Planos de alocação
Monitoramento	Parcial em projetos específicos	Em parte/RIMAS	➔	Sim	Protocolos fixos	Apoio à decisão
Direitos à Água	Reconhecimento de direitos	Sim	➔	Sim	Reconhecimento de direitos	Dinâmicos e função dos planos
Regulamentações	Outorgas e restrições	Sim	➔	Sim	Aplicada por agência dedicada	Autogestão por parte dos autores
Lei das Águas	Discussão para melhoramento	Sim	➔	Sim	Provisões legais para usuários	Completa e aplicada à gestão
Participação	Reativa apenas e estágio inicial de câmeras técnicas	Parcial	➔	Sim	Cooperação e Câmeras Técnicas	Compartilhamento das responsabilidades
Percepção	Campanhas de preservação	Parcial	➔	Completa	Bem econômico a parte de sistema	Interação efetiva entre atores
Econômicos	Cobrança de taxas simbólicas	Sim	➔	Cobrança em estudo	Valor econômico, revisão dos subsídios	Cobrança e realocação
Prevenção de Externalidades	Reconhecidas a curto e médio prazo	Não	➔	Sim	Medidas preventivas, valor <i>in situ</i>	Balanço entre usos e preservação
Alocação de Recursos	Competição entre Usuários	Não	➔	Relacionado à cobrança	Prioridades para extração	Alocação equitativa e balanço
Controle da Poluição	Zonificação territorial	Parcial	➔	Sim	Controle de fontes poluidoras e zoneamento de áreas	Controle de poluição pontual e difusa. Mitigação.

Fonte: Adaptado de GWMATE (2006).

Diante do exposto, visando a condução da situação atual a um cenário que adentre uma condição quali-quantitativa controlada ou estabilizada, foi elaborada uma proposta de plano de gestão para as águas subterrâneas da região de Belém. Na proposta foram consideradas as contribuições recebidas e questões levantadas nos dois seminários de gestão participativa, realizados durante a elaboração deste estudo, os quais incentivaram a participação social daqueles que têm envolvimento direto ou indireto na gestão das águas subterrâneas da região de Belém. Os principais resultados dos seminários são apresentados no capítulo 14. A proposta de plano de gestão foi estruturada em cinco componentes, apresentadas na Figura 11 e resumidas na sequência.



Figura 11 – Componentes estruturantes da proposta de Plano de Gestão para as águas subterrâneas da região de Belém.

A Componente 1 contempla ações de planejamento visando um gerenciamento mais efetivo sobre o uso e preservação das águas subterrâneas. Nessa componente, propõe-se uma divisão da área de estudo em unidades de gestão, delimitadas em função do potencial perigo de contaminação das águas subterrâneas e das áreas de expansão urbana e industrial definidas nos planos diretores municipais. Nessa divisão levou-se em consideração as questões de quantidade e qualidade das águas subterrâneas, incluindo proposições de monitoramento. A Componente contempla ainda indicações de complementação e aperfeiçoamento da legislação vigente, aperfeiçoamento e/ou implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e mecanismos para a articulação da gestão de recursos hídricos subterrâneos aos de gestão territorial.

A Componente 2 propõe ações para a adesão e o comprometimento dos diversos atores do arranjo institucional requerido para o atendimento das metas deste plano de gestão, considerando os novos desafios frente à consolidação e aprimoramento da gestão de recursos hídricos no Estado do Pará. Além disso, nesta componente, apresenta-se uma proposta para aperfeiçoamento do quadro técnico da SEMAS/PA, para o correto desempenho das ações de acompanhamento técnico, realização de estudos, fiscalização de campo, dentre outras atividades, inclusive relacionada à outorga.

A Componente 3 tem como objetivo consolidar uma rede de monitoramento das águas subterrâneas através da seleção de poços para a implantação de sensores telemétricos para a medição dos níveis de águas e condutividade elétrica. Além da proposta de rede, é proposto ainda um plano de monitoramento, com os parâmetros a serem monitorados, metodologias de análise e frequências de amostragens.

Na Componente 4 são indicadas áreas de proteção das zonas de recarga dos aquíferos e áreas de restrição de uso e controle, visando à proteção de mananciais para o abastecimento humano, preservação dos ecossistemas, áreas com iminente perigo de contaminação e áreas com superexploração.

Por fim, na Componente 5 são indicadas alternativas de incremento na matriz de abastecimento da região de Belém e estabelecidos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público. Nessa Componente ainda são indicados poços abandonados e/ou desativados sem condições estruturais, improdutivo ou cuja operação induza a perda de qualidade das águas subterrâneas para sua efetiva reparação ou tamponamento. A Componente contempla ainda diretrizes para a ampliação do esgotamento sanitário, visando minimizar os impactos deletérios dos esgotos domésticos na qualidade das águas subterrâneas da região de Belém.

13.1 COMPONENTE 1: PLANEJAMENTO E GESTÃO

13.1.1 Proposta de divisão em Unidades de Gestão

Em função do recém discutido, e, pela importância que a manutenção da qualidade das águas subterrâneas exige, a discretização espacial selecionada como base para a gestão, foi concebida considerando-se, principalmente, os perímetros de perigo à contaminação e o zoneamento territorial definido nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano – PDDUs municipais. A partir dessa subdivisão em unidades de gestão que se desdobram as sugestões específicas de gestão para a região, inclusive com seus respectivos desencadeamentos legais.

O mapa de perigo de contaminação foi utilizado como base tendo em vista que o principal problema na região se refere à qualidade das águas. Esse mapa representa a interação entre a vulnerabilidade do aquífero à contaminação e a carga potencial contaminante decorrente de atividades urbanas, industriais e outras de natureza antrópica aplicada no subsolo. A metodologia utilizada para a elaboração do mapa de perigo de contaminação é apresentada no Volume 2 – Tomo I.

A área total com potencial perigo de contaminação da região de Belém foi estimada em 428 km² (23% de toda a área estudada). O restante da área não apresenta potencial perigo de contaminação, pois não foram identificadas atividades antrópicas geradoras de carga contaminante. Foram definidas duas classes de perigo de contaminação: “moderada” e “alta”. A classe “moderada” predomina em mais de 70% (303 km²) da área estimada, enquanto a classe “alta” distribui-se nos 30% (125 km²) restante. Os municípios de Belém e Ananindeua respondem por mais de 60% das áreas potenciais de contaminação. Dessa forma, para as áreas classificadas como de “alto” perigo de contaminação atribuiu-se maior importância, as quais foram denominadas de Unidades de Gestão Especial.

Nas Unidades de Gestão Especial ainda foram inseridas as zonas industriais, definidas nos PDDUs de cada município, devido à alta concentração de indústrias nessas áreas e ao significativo potencial de impacto ambiental. Os PDDUs utilizados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – PDDUs dos municípios da área de estudo.

Município	PDDU	Município	PDDU
Ananindeua	Lei nº 2.237/2006	Marituba	Lei nº 170/2007
Belém	Lei nº 8.655/2008	Santa Bárbara do Pará	Lei nº 003/2006
Benevides	Lei nº 1.031/2006	Santa Izabel do Pará	Lei nº 071/2006

As demais áreas urbanas dos municípios com perigo de contaminação “moderado”, assim como as zonas de expansão urbana definidas nos PDDUs, foram inseridas nas Unidades de Gestão Moderada. Nessa unidade, ainda foi incluída a BR-316 e seu entorno (*buffer* de 1 quilômetro), uma vez que ao longo da Rodovia, entre Belém e Benevides, há forte ocupação populacional, áreas de serviços e comércio e industrial.

A área restante foi classificada como Unidade de Gestão Regular. Nota-se que em boa parte dessa área, por não existir carga contaminante, ocupação urbana ou industrial, o perigo de contaminação é reduzido ou até mesmo inexistente.

A Figura 12 demonstra o cruzamento dos critérios utilizados para a definição das unidades de gestão das águas subterrâneas da área de estudo.

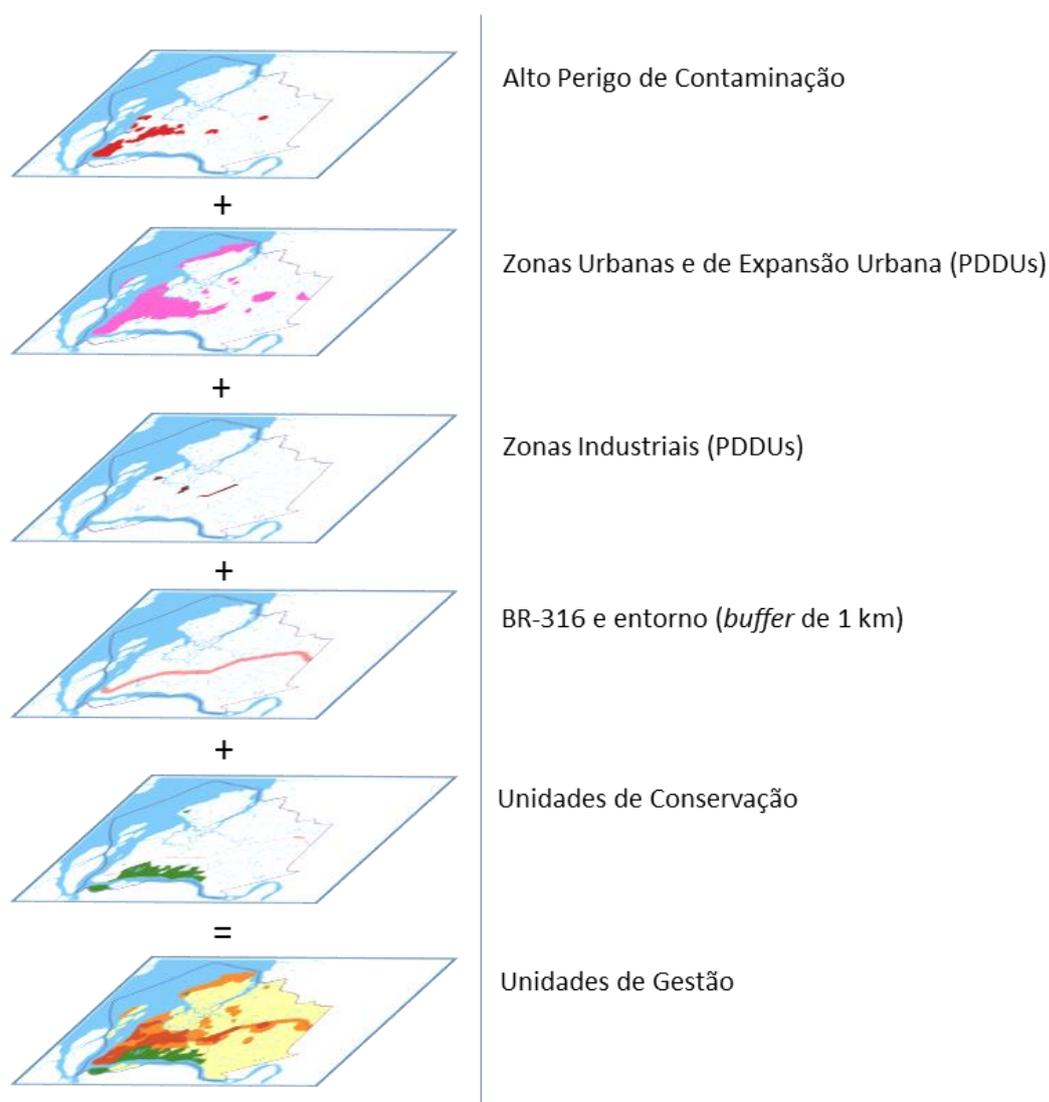


Figura 12 – Esquema metodológico utilizado para a proposta de divisão das unidades de gestão da região de Belém.

Em resumo, a proposta de divisão da área em unidades de gestão foi baseada, principalmente, na questão da qualidade das águas subterrâneas levando em conta o maior dos problemas constatados durante o presente estudo. Além disso, a proposta de divisão representa total coerência com o tipo de ordenação territorial dos municípios, pois considera as áreas de maior adensamento urbano populacional.

As unidades de gestão foram ainda subdivididas e numeradas de acordo com características territoriais homogêneas verificadas em cada PDDU, conforme descrito no Quadro 3. Para cada unidade de gestão foram então definidas diretrizes para a gestão das águas subterrâneas apresentadas no Quadro 4.

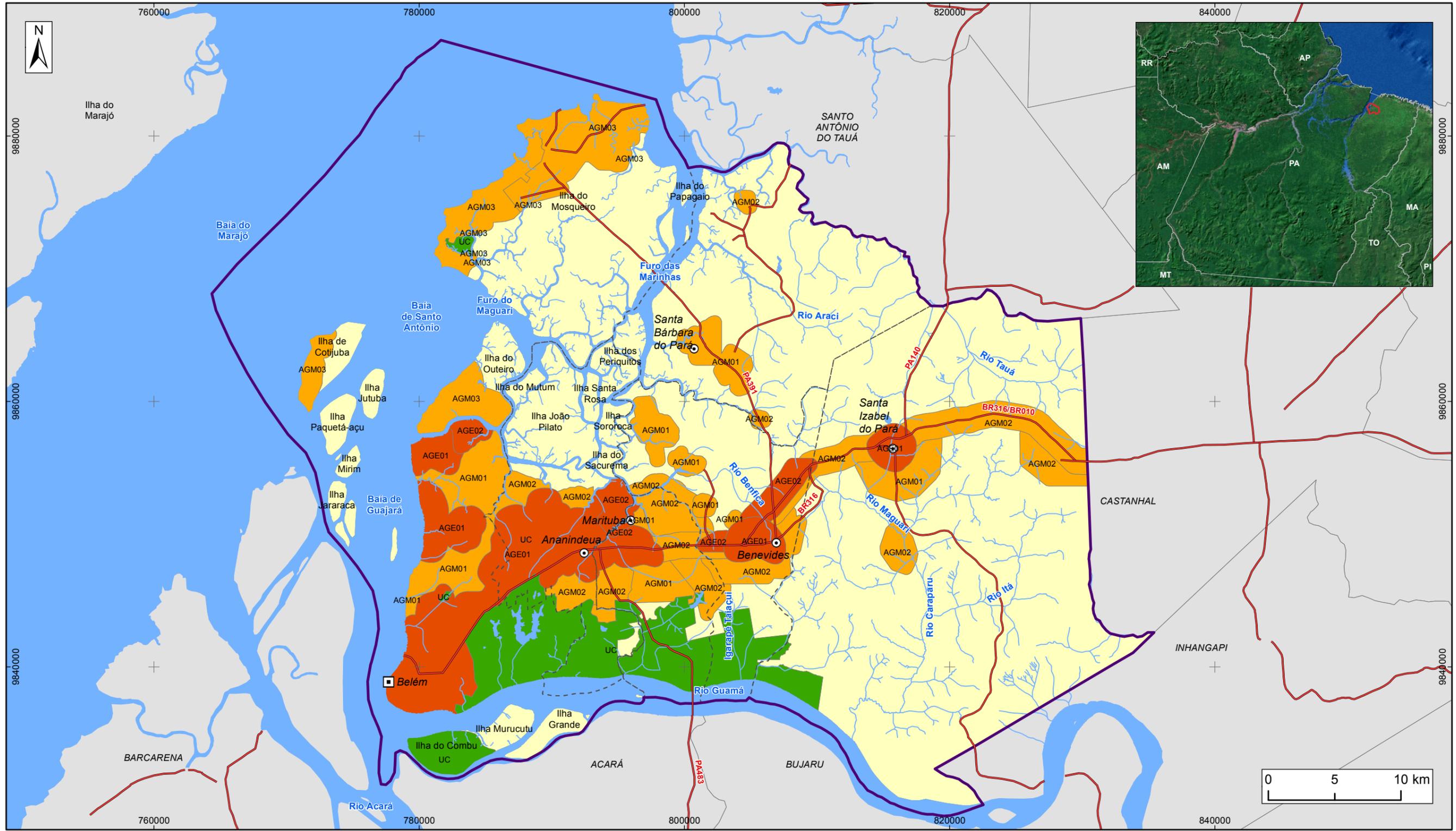
Quadro 3 – Características das unidades de gestão da região de Belém.

Código	Unidade de Gestão	Características
AGE01	Área de Gestão Especial – Urbana	Áreas classificadas como de “alto” perigo de contaminação, pois possuem presença significativa e adensamento de poços, postos de combustíveis e fontes potenciais de contaminação. São áreas urbanas consolidadas de uso predominantemente residencial, ocupação de atividades econômicas, presença de núcleos industriais e comerciais. Há grande número de terrenos ocupados com verticalização e alta densidade populacional. Apresenta infraestrutura consolidada sendo que algumas áreas estão em processo de renovação urbana. O esgotamento sanitário pode existir, mas ainda é precário.
AGE02	Área de Gestão Especial – Industrial	Não estão enquadradas, necessariamente, em áreas de “alto” perigo de contaminação, mas apresentam potencial de impacto ambiental significativo, uma vez que são áreas potenciais para o uso industrial ou com uso industrial já consolidado segundo os PDDUs. Englobam ainda os eixos de comércio e serviços, e aquelas que apresentam forte dinâmica, gerada por novas centralidades comerciais, de serviços, e seus entornos, cujo objetivo é o fomento à dinamização econômica.
AGM01	Área de Gestão Moderada – Urbana	Diferentemente da AGE01, são áreas que se encontram fora da classe de “alto” perigo de contaminação, pois possui presença de poços e fontes potenciais de contaminação mais dispersas. Mas, assim como a AGE01, são áreas urbanas consolidadas de uso predominantemente residencial, ocupação de atividades econômicas, presença de núcleos industriais e comerciais. A densidade populacional é menor do que aquela verificada nas AGE01. Apresenta infraestrutura consolidada sendo que algumas áreas estão em processo de renovação urbana. O esgotamento sanitário pode existir, mas ainda é precário.
AGM02	Área de Gestão Moderada – Expansão Urbana	Presença de poços e fontes potenciais de contaminação dispersas. São áreas em processo de consolidação ou passíveis de serem urbanizadas segundo os PDDUs. Predomina o uso residencial, com algumas atividades econômicas dispersas, presença de pequenos núcleos industriais e comerciais. Apresenta infraestrutura consolidada e equipamentos públicos em parte da área e inexistente em outra. Inexistência de esgotamento sanitário. Pode haver terrenos subutilizados ou não utilizados e ocupações precárias.
AGM03	Área de Gestão Moderada – Urbanização Rarefeita/Sazonal	Presença de poços e fontes potenciais de contaminação dispersas. Englobam as áreas urbanas com ocupação rarefeita e/ou núcleos urbanos com utilização sazonal segundo os PDDUs, ocupados predominantemente nos finais de semana e férias. Apresenta infraestrutura consolidada e equipamentos públicos em parte da área e inexistente em outra. Possui presença significativa de vegetação nativa remanescente.
AGR	Área de Gestão Regular	Englobam as áreas dos municípios sem formação de núcleos urbanos. São áreas dotadas ou não de potencial turístico segundo os PDDUs. Presença de nascentes e cursos e corpos d’água estruturadores das bacias hidrográficas, presença significativa de vegetação nativa remanescente. Ecossistemas preservados.

Quadro 4 – Diretrizes para as águas subterrâneas nas unidades de gestão propostas para a região de Belém

Código	Unidade de Gestão	Obrigações dos usuário	Diretrizes gerais de gestão por parte do órgão gestor
AGE01	Área de Gestão Especial – Urbana	<ul style="list-style-type: none"> • Adequar-se às condições impostas pelo processo de regularização (Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga); • Executar a obra civil de poço tubular de acordo às normas construtivas vigentes ou corrigir, caso já existente; • Poços tubulares com extrações de mais de 200 m³/dia devem contar com monitoramento de nível mensal (medido ao final do período de repouso) e análise química anual (com laudo assinado por profissional habilitado). 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar dos maiores usuários o monitoramento quali-quantitativo; • Exigir, receber e manter banco de dados de níveis d'água históricos e análise química dos poços monitorados pelos usuários; • Solicitar a implementação da restrição de uso nos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público.
AGE02	Área de Gestão Especial – Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Adequar-se às condições impostas pelo processo de regularização (Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga); • Executar a obra civil de poço tubular de acordo às normas construtivas vigentes ou corrigir, caso já existente; • Poços tubulares de uso industrial devem contar com monitoramento de nível d'água mensal (medido ao final do período de repouso) e análise química anual (com laudo assinado por profissional habilitado). 	<ul style="list-style-type: none"> • Exigir, receber e manter banco de dados de níveis históricos e análise química dos poços monitorados pelos usuários; • Solicitar monitoramento quali-quantitativo; • Solicitar a implementação da restrição de uso nos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público.
AGM01	Área de Gestão Moderada – Urbanização Consolidada	<ul style="list-style-type: none"> • Adequar-se às condições impostas pelo processo de regularização (Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga); • Executar a obra civil de poço tubular de acordo às normas construtivas vigentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a implementação da restrição de uso nos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público.
AGM02	Área de Gestão Moderada – Expansão Urbana	<ul style="list-style-type: none"> • Adequar-se às condições impostas pelo processo de regularização (Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga); • Executar a obra civil de poço tubular de acordo às normas construtivas vigentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer valer a restrição de uso nos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público.
AGM03	Área de Gestão Moderada – Urbanização Rarefeita/ Sazonal	<ul style="list-style-type: none"> • Idem AGM02 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem AGM02
AGR	Área de Gestão Regular	<ul style="list-style-type: none"> • Idem AGM02 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem AGM02

Assim, a divisão da área em unidades de gestão (Figura 13) representa uma base de fácil implementação prática e compatível com o atual estágio legal e institucional da gestão de recursos hídricos na região. É importante ressaltar que a legislação ambiental e de uso e ocupação do solo deve incidir de forma complementar e observar os elementos condicionantes para cada polígono. A legislação ambiental já prevê a emissão da Licença Prévia somente após a apresentação da cópia do protocolo do pedido de Outorga Preventiva ou de Dispensa de Outorga (IN 02/2012). Além disso, já é procedimento da SEMAS/PA, solicitar o monitoramento regular para os grandes usuários como condicionante para a emissão da outorga. Contudo, esse procedimento ainda necessita ser regulamentado.



LEGENDA

- ▣ Capital Estadual
- ⊙ Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☁ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- - - Limite municipal
- Área de Gestão**
- Unidade de Conservação
- Área de gestão regular
- Área de gestão moderada
- Área de gestão especial

Figura 13 - Proposta de divisão em áreas de gestão



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM
Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Áreas de gestão: ANA/Profil

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_13_Areas_gestao_A3
Escala:	1:290.000

13.1.2 Complementação e aperfeiçoamento da legislação vigente e diretrizes para os instrumentos de gestão

Toda e qualquer complementação legal deve partir da compreensão do arcabouço legal existente e vigente. Neste sentido vale aqui uma breve revisão a respeito do conjunto de legislações em nível nacional e estadual incidentes na região e nos temas do estudo.

A Lei das Águas introduziu os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH): a água é um bem de domínio público; um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação animal; o uso múltiplo das águas deve ser proporcionado; a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH; e a gestão descentralizada e participativa. Contudo, não tratou das águas subterrâneas em seu escopo.

Entre os objetivos da PNRH destaca-se assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e a utilização racional e integrada das águas. Esses dois objetivos da Lei das Águas nos remetem à importância da gestão e ao cuidado que se deve despender hoje para garantir padrões aceitáveis no futuro.

Devido à escassa regulamentação referente às águas subterrâneas, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos editou, por meio de resoluções, normativos infralegais com vistas a abarcar orientações quanto a gestão das águas subterrâneas e a gestão integrada entre recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

O Quadro 5 lista as respectivas legislações em ordem hierárquica espacial e temporal, além de sumarizar suas principais contribuições e alcance.

Quadro 5 – Disposições legais sobre águas subterrâneas no Brasil.

Legislação Federal	Objeto e Alcance
Lei das Águas (Lei nº 9433/1997)	Estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Agência Nacional de Águas; Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacias Hidrográficas; os órgãos públicos dos poderes federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e as agências de água.
Resolução CNRH Nº 09/2000	Institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas – CTAS
Resolução CNRH Nº 13/2000	Estabelece diretrizes para a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.
Resolução CNRH Nº 15/2001	Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas
Resolução CNRH Nº 16/2001	Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos
Resolução CNRH Nº 22/2002	Estabelece diretrizes para inserção das águas subterrâneas no instrumento Planos de Recursos Hídricos.
Resolução CNRH Nº 65/2006	Estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com os procedimentos de licenciamento ambiental
Resolução CNRH Nº 76/2007	Estabelece diretrizes gerais para a integração entre a gestão de recursos hídricos e a gestão de águas minerais, termais, gasosas, potáveis de mesa ou destinadas a fins balneários.
Resolução CNRH Nº 91/2008	Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.
Resolução CNRH Nº 92/2008	Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro.
Resolução CNRH Nº 107/2010	Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas.
Resolução CNRH Nº 126/2011	Estabelece diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
Resolução CNRH Nº 153/2013	Estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro.
Resolução CNRH Nº 184/2016	Estabelece diretrizes e critérios gerais para definição das derivações e captações de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e lançamentos de efluentes em corpos de água e acumulações de volumes de água de pouca expressão, considerados insignificantes, os quais independem de outorga de direito de uso de recursos hídricos, e dá outras providências

No Estado do Pará, por sua vez, a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 6.381/2001) adotou as principais diretrizes preconizadas na esfera nacional enfocando algumas peculiaridades como, por exemplo a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental como instrumentos e uma parte específica destinada às águas subterrâneas.

O Quadro 6 apresenta as principais disposições legais sobre águas subterrâneas existentes no Estado do Pará.

Quadro 6 - Disposições legais sobre águas subterrâneas no Estado do Pará.

Legislação Estadual	Objeto e Alcance
Lei Estadual nº 6.381/2001	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará.
Decreto Estadual nº 1.556/2016	Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Pará – CERH/PA e dá outras providências. Substitui o Decreto Estadual nº 276/2011.
Resolução CERH Nº. 03/2008	Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências (Complementada pela Resolução CERH nº 10/2010)
Resolução CERH Nº. 06/2008	Dispõe sobre o Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos e dá outras providências (Revogada pela Resolução CERH nº 11/2010)
Resolução CERH Nº. 08/2008	Dispõe sobre a Declaração de Dispensa de Outorga e dá outras providências.
Resolução CERH Nº. 09/2009	Dispõe sobre os usos que independem de outorga.
Alteração da Resolução CERH Nº 09/2009	Dispõe sobre os usos que independem de outorga
Resolução CERH Nº. 10/2010	Dispõe sobre os critérios para análise de Outorga Preventiva e de Direito de Uso de Recursos Hídricos e dá outras providências
Resolução CERH Nº. 11/2010	Dispõe sobre o cadastro estadual de usuários de recursos e dá outras providências.
Resolução CERH Nº. 12/2010	Estabelece diretrizes para a implementação do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos - SEIRH, para a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Resolução CERH Nº. 13/2010	Estabelece as diretrizes a serem adotadas nos procedimentos de solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos relacionados às atividades sujeitas ao licenciamento ambiental.
Lei Estadual Nº 6.929/2006	Estabelece a obrigatoriedade dos postos de combustíveis e empresas de lavagem de carros passarem a utilizar em seus serviços água de poço artesiano.
Lei Estadual Nº 7.026/2007	Cria a Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA
Decreto Estadual Nº 746/2007	Aprova o Regimento Interno da Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA
Decreto Estadual Nº 886/2013	Adesão do Estado do Pará ao Pacto Nacional pela gestão das Águas, nos termos estabelecidos pela Resolução ANA nº 379, de 21 de março de 2013.
Lei Estadual Nº 8.091/2014	Institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos – TFRH, e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos – CERH.
Decreto Estadual Nº 1.227/2015	Regulamenta a Lei nº 8.091, de 29 de dezembro de 2014, que institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - TFRH e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - CERH.

Os principais instrumentos de gestão trazidos à tona pela Lei Estadual e uma avaliação síntese quanto a sua existência e execução são apresentados a seguir:

I - Os Planos de Recursos Hídricos (ainda não desenvolvidos)

II - O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes; (em desenvolvimento)

III - a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; (já em utilização)

IV - A cobrança pelo uso dos recursos hídricos; (ainda não desenvolvido)

V - A compensação aos Municípios; (ainda não desenvolvido)

VI - O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos; (já em utilização)

VII - A capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental (ações iniciadas, mas com amplo potencial de desenvolvimento complementar)

I - Os Planos de Recursos Hídricos: O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) é o documento programático do Governo do Estado definidor das ações oficiais no campo do planejamento e gerenciamento desses recursos. Visa fundamentar e orientar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos (art. 5º e 6º da Lei nº 6.381/2001).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Pará foi contratado em 2018 pela SEMAS/PA em parceria com a Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRHQ) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e está em elaboração. Em relação aos Planos de Bacias não há Plano contrato ou em elaboração, uma vez que nenhuma bacia de rio de dominialidade estadual possui Comitê instituído. Há em tramitação no Conselho Estadual de Recursos Hídricos a proposta de implementação da bacia do rio Marapanim, de domínio do Estado do Pará, entretanto está fora da área de estudo.

Ressalta-se que o Estado do Pará está parcialmente coberto pelo Plano de Recursos Hídricos da Margem Direita do Amazonas (2010-2030), que corresponde a cerca de 30% do Estado, e pelo Plano Estratégico Tocantins-Araguaia (2009-2025), cobrindo 47,3% do Pará, perfazendo total de 144 municípios. Ambos planos foram elaborados pela ANA e aprovados por Resolução do CNRH.

É fundamental que os Planos de Recursos Hídricos, à medida em que forem elaborados, incorporem todas as informações e metodologias utilizadas no presente estudo e que este possa servir de amálgama entre políticas locais e regionais, ambientais e específicas de recursos hídricos.

II - O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes: A Resolução CERH N° 05/2008, traz as providências de enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes. Estabelece que o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso será estabelecido em obediência à legislação ambiental específica, normas, resoluções e pareceres técnicos (art. 10º).

No Estado do Pará, ainda não houve o enquadramento dos corpos de água de nenhuma bacia hidrográfica. O Art. 42 da Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece que, enquanto não forem aprovados os enquadramentos as águas doces superficiais serão consideradas Classe 2; e as águas salinas e salobras Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Em relação às águas subterrâneas, a Resolução CONAMA n° 396/2008, não apresenta disposição semelhante.

Para o enquadramento das águas subterrâneas, o Art. 6º da Resolução CONAMA n° 396/2008, estabelece que os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, que deverão ser determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs apresentados no Anexo I da mesma Resolução.

Conforme o Art. 12º da Resolução CONAMA n° 396/2008, os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. No entanto, dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes. Para os parâmetros selecionados deverão ser estabelecidos os VRQs.

Os resultados das análises hidrogeoquímicas, realizadas no âmbito do presente estudo, apresentam bons subsídios para a definição dos VRQs. Os resultados apontam para a classificação hidroquímica das águas subterrâneas dos dois sistemas aquíferos da região, assim como determinaram alguns elementos relacionados à contaminação antrópica, especialmente relacionada a carência de saneamento básico.

É fato que as águas, tanto superficiais como subterrâneas no norte do país, em alguns casos, possuem características naturais, que tornam o enquadramento

uma tarefa mais complexa. Dessa forma, faz-se necessário conhecer o comportamento denominado de “background” de cada um dos principais elementos maiores, estabelecendo o espectro de variação natural dos mesmos no tempo e no espaço, definindo-se os Valores de Referência de Qualidade – VRQ. Baseado nesta análise é que se pode afirmar, com mais certeza, quando um determinado corpo hídrico se encontra contaminado por razões antrópicas.

III - a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos: Conforme a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual nº 6381/2001), a outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos corpos hídricos e o efetivo exercício do direito de acesso à água (Art. 11º).

A “*extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo*” está sujeita a outorga pelo Poder Público Estadual no Pará (Art. 12º da Lei nº 6.381/2001), bem como é necessária autorização (Outorga Preventiva) para *perfurar poços para extração de água subterrânea*.

No Pará, a outorga de direito de uso de recursos hídricos é regulamentada por cinco Resoluções do CERH e três Instruções Normativas da SEMAS/PA, a saber:

- Resolução CERH N°. 03/2008 – Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências.
- Resolução CERH N°. 08/2008 – Dispõe sobre a Declaração de Dispensa de Outorga e dá outras providências.
- Resolução CERH N°. 09/2009 e alteração – Dispõe sobre os usos que independem de outorga.
- Resolução CERH N°. 10/2010 – Dispõe sobre os critérios para análise de Outorga Preventiva e de Direito de Uso de Recursos Hídricos e dá outras providências.
- Resolução CERH N°. 13/2010 – Estabelece as diretrizes a serem adotadas nos procedimentos de solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos relacionados às atividades sujeitas ao licenciamento ambiental.
- IN 02/2012 - Dispõe sobre procedimentos para protocolo de processos de licenciamento ambiental que dependem de Outorga Preventiva ou Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos.

- IN 04/2012 – Revoga a Instrução Normativa nº 10/2011, bem como as disposições em contrário à Instrução Normativa nº 02/2012.
- IN 03/2014 – Dispõe sobre os procedimentos administrativos específicos para o protocolo de processos de solicitação de Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos deve ser solicitada à SEMAS/PA. A IN 03/2014 aborda os procedimentos administrativos específicos para o protocolo de processos de solicitação de Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga, no âmbito do Estado do Pará. As três modalidades de outorga são descritas de forma mais detalhada a seguir (SEMAS, 2018):

- Outorga Preventiva: Ato administrativo com finalidade de declarar a disponibilidade de água para os usos requeridos, não conferindo o direito de uso de recursos hídricos e se destinando a reservar a vazão passível de outorga. A Outorga Preventiva deverá ser requerida pelos novos empreendimentos, que necessitem de licenciamento ambiental, e para perfuração de poço tubular.
- Outorga de Direito: Ato administrativo em que o Poder Público Outorgante faculta ao outorgado o uso de recurso hídrico, por prazo determinado nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. A Outorga de Direito deverá ser requerida pelos empreendimentos já existentes.
- Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH): Ato administrativo com finalidade de declarar a disponibilidade de água para os usos requeridos.

No caso de poços ainda não perfurados o requerente deve iniciar o processo solicitando a Outorga Preventiva para perfuração de poço; a autorização sendo efetuada, o requerente poderá perfurar o poço e realizar os testes necessários à avaliação de sua captação. Posteriormente, deverá dar entrada em novo processo solicitando a Outorga de Direito de uso para a captação de água subterrânea, apresentando as informações do estudo hidrogeológico do poço, incluindo a avaliação de qualidade da água (SEMAS, 2018).

No caso de poços antigos, o usuário também deve buscar a regularização da captação, solicitando ao órgão gestor, a Outorga de Direito de uso de recursos hídricos para captação de água subterrânea (SEMAS, 2018).

Os empreendimentos que tiverem mais de um (01) poço em suas dependências deverão solicitar em um único processo a outorga para todos os poços existentes na área, com exceção do Formulário Técnico B que deverá ser individual para cada poço (SEMAS, 2018).

Conforme Art. 1º da alteração da Resolução CERH nº09/2010, estão dispensados de outorga os usos considerados insignificantes definidos no Art.13º da Lei Estadual nº 6.381/2001, quais sejam:

- I – o uso dos recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural;*
- II – as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes por decisão dos respectivos Comitês de Bacia Hidrográficas ou órgão dos recursos hídricos, no caso de inexistência de Comitês.*

A Resolução CERH nº 09/2010, em seu Art. 3º, considera extração subterrânea insignificante os seguintes usos:

- I - o abastecimento residencial unifamiliar;*
- II - até o máximo de 40 m³/dia para uso residencial;*
- III - até o máximo de 5 m³/dia para os demais usos.*

Os usuários com captações consideradas insignificantes, porém, deverão solicitar a Declaração de Dispensa de Outorga à SEMAS/PA. O requerimento de Declaração de Dispensa de Outorga deverá ser protocolado na SEMAS/PA, em formulário próprio, disponibilizado pelo órgão.

O Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH-PA) da SEMAS/PA, cuja interface pode ser visualizada na Figura 14, implementado e ainda em aperfeiçoamento é um avanço ao acesso e simplificação da regularização dos usuários de recursos hídricos no Estado do Pará.

O SIGERH-PA trata-se de um conjunto de soluções sistêmicas eletrônicas, baseadas em conhecimento de gestão de recursos hídricos e informações hidrológicas,

hidrometeorológicas e hidrogeológicas consolidadas, para a modernização da gestão de recursos hídricos realizada pela SEMAS/PA, com ênfase na modernização geral dos procedimentos que envolvem desde as fases iniciais, de protocolo de processos e recepção de documentos, passando por todas as fases de análise, até a expedição dos atos autorizativos de uso de recursos hídricos (SEMAS, 2018).

Atualmente, no Sistema, já é possível solicitar de forma automatizada e *online* a Declaração de Dispensa de Outorga para captação de água subterrânea apenas para o perfil de usuário de residência unifamiliar. Em breve, será possível fazer solicitações de outras tipologias e modalidades. A Declaração de Dispensa de Outorga é dada de forma automática.

O SIGERH-PA pode ser acessado pela internet por meio do seguinte endereço eletrônico: <http://sistemas.semas.pa.gov.br/sigerhpa/>.



Figura 14 – Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Pará (SIGERH-PA).

Para a Outorga de Direito de Uso de água subterrânea, o SIGERH-PA permitirá analisar os processos e identificar a situação da vizinhança antes de conceder novas outorgas. Atualmente as outorgas ainda estão sendo analisadas em planilha eletrônica. Dessa forma, sugere-se que o banco de dados do presente trabalho, com destaque para as informações relacionadas ao perigo de contaminação, densidade de fontes poluidoras, sejam incorporadas ao sistema.

A concessão de outorgas para o uso de recursos hídricos é subsidiada por ações de regularização tais como o cadastramento de usuários e a fiscalização do uso dos recursos hídricos. Na área de estudo, um dos obstáculos encontrados é a ausência de fiscalização das captações e lançamentos e a falta de conhecimento dos usuários de água sobre a importância e a necessidade de regularização das captações e lançamentos.

Se faz necessário, portanto, que sejam realizadas campanhas de cadastramento e regularização de usuários, de forma a gerar um banco de dados consistente para ser utilizado no planejamento e gestão dos recursos hídricos, tanto na área de estudo, como no Estado do Pará.

IV - A cobrança pelo uso dos recursos hídricos: O instrumento de cobrança pelo uso da água e o instrumento de compensação aos municípios ainda não foram implementados no Estado do Pará e nem regulamentados pelo Conselho Estadual.

A bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas (afluente do Rio Tocantins), no entanto, apresenta um projeto piloto de implementação da cobrança, contratado pelo Núcleo de Gerenciamento do Programa Pará Rural – NPGR com o objetivo de estabelecer critérios e condições que possibilitem a implantação do instrumento. O estudo apresenta um apanhado dos aspectos legais e institucionais da cobrança pelo uso da água no Brasil, assim como experiências de aplicação deste instrumento em bacias interestaduais e estaduais. O estudo ainda analisa a pressão que cada setor usuário exerce na bacia e identifica os usuários com usos mais significativos e as sub-bacias críticas para cada tipo de uso.

O estudo realizado para a bacia do Rio Itacaiúnas (PARÁ RURAL/SEMAS/COBRAPE, 2014) conclui que:

Para implantar a cobrança de recursos hídricos no Estado é fundamental que se tenha um sistema de informações com uma base de dados única e eficiente, compartilhada com o sistema federal, reunindo dados cadastrais de usuários de recursos hídricos do Estado.

A outorga é outro instrumento importante, uma vez que a cobrança pelo uso de recursos hídricos incide sobre a mesma. Sendo assim, para que possa ser feita a cobrança o sistema de outorga deve estar bem estruturado e ser gerenciado de maneira adequada.

Além disso, é indispensável uma fiscalização abrangente e eficiente sobre os usuários, devendo ser adotadas medidas para que aqueles que não possuem outorga regularizem sua situação. O sucesso da implantação da cobrança depende da adesão plena dos usuários de cada setor.

É necessária transparência e ampla divulgação de informações sobre a cobrança pelo uso da água, com vistas a conscientizar os usuários da importância desse instrumento. Nesse sentido, devem ser envidados esforços para discussão entre as partes interessadas. O Conselho Estadual e os Comitês de Bacias Hidrográficas se configuram como os espaços adequados para as discussões entre o poder público (Federal, Estadual e Municipal), os setores de usuários e a sociedade civil organizada.

Na ausência do Comitê de Bacia Hidrográfica a cobrança pelo uso dos recursos hídricos poderá ser implementada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Entretanto, ressalta-se a importância dos comitês neste processo, pois possibilitam que as negociações, no âmbito da bacia hidrográfica, ocorram diretamente com os interessados.

Um entrave para a implementação da cobrança pelo uso da água no Estado do Pará é a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos (TFRH). A TFRH é uma taxa de fiscalização das atividades de exploração e aproveitamento de recursos hídricos e não representa o instrumento da cobrança pelo uso da água.

A TFRH é regulamentada pelas seguintes legislações:

- LEI ESTADUAL Nº 8.091/2014 – Institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos – TFRH, e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos – CERH.
- DECRETO ESTADUAL Nº 1.227/2015 - Regulamenta a Lei nº 8.091, de 29 de dezembro de 2014, que institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - TFRH e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - CERH.

- IN 01/2015 – Dispõe sobre a inscrição no Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos do Pará – CERH/PA, bem como sobre a Declaração de Uso de Recursos Hídricos e recolhimento da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos do Pará – TRFH/PA, e dá outras providências.
- IN 05/2015 - Dispõe sobre os procedimentos relativos ao recolhimento da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - TFRH.

De acordo com o Art 2º, o exercício regular do poder de polícia conferido ao Estado sobre a atividade de exploração e aproveitamento de recursos hídricos no território paraense será exercido pela SEMAS/PA.

Conforme o Art. 5º do Decreto nº1.227/2015, todos aqueles que utilizem recurso hídrico como insumo no processo produtivo ou com a finalidade de exploração ou aproveitamento econômico deverão recolher aos cofres estaduais o correspondente a 0,2 da Unidade Padrão Fiscal do Estado do Pará (UPF-PA) por metro cúbico de recurso hídrico utilizado acima de 100 m³/dia. No caso de empreendimentos hidrelétricos, o valor da TRFH corresponde a 0,5 UPF-PA² em cada 1.000 metros cúbicos utilizados.

Alguns empreendimentos, entretanto, são isentos dessa Taxa (Art. 6º), onde se destaca as unidades, estabelecimentos, empreendimentos, companhias ou empresas de saneamento públicas ou privadas, que utilizem recurso hídrico com a finalidade de abastecimento residencial, seja unifamiliar ou multifamiliar.

O benefício da redução da Taxa (Art.7º), por sua vez, está vinculada principalmente aos empreendimentos, industriais ou agroindustriais, que utilizem recursos hídricos na cadeia alimentícia, aqueles agregam valor com matéria prima florestal originária de plantio e para indústria de bebidas, aqueles que comprovarem investimentos para aprimorar a qualidade do uso sustentável de água.

² A UPF-PA é o indexador que corrige as taxas cobradas pelo Estado, reajustada anualmente, pela inflação nos últimos 12 meses (Lei Estadual nº 6.340/2000). É reajustada pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCa). Para o exercício de 2018, o valor da UPF-PA, de R\$ 3,3271, foi definido pela Secretaria da Fazenda (Portaria nº 410/2017).

Todos os usuários (pessoas físicas ou jurídicas) que utilizem recurso hídrico como insumo no seu processo produtivo ou com a finalidade de exploração ou aproveitamento econômico em suas respectivas atividades, isentos ou não, do pagamento da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos – TFRH deverão realizar um cadastramento no CERH - Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos

O cadastramento no CERH e a obtenção da declaração referente ao consumo do volume mensal de água não desobriga o usuário de Recursos Hídricos a obter as devidas Outorgas para o uso da água, quando assim o fizer necessário.

Segundo os registros de dados até o mês de novembro de 2017, foram cadastrados 457 usuários, sendo que 359 são contribuintes (consumos de água acima de 100 m³/dia) e 98 são usos isentos (consumos de água abaixo de 100 m³/dia e determinadas atividades que também são isentas) (SEMAS, 2018).

V - A compensação aos Municípios: (ainda não regulamentado);

VI - O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos: O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado do Pará (SEIRH) encontra-se regulamentado pela Resolução CERH Nº 12/2010, e tem por finalidade a coleta, o tratamento, o armazenamento e a disseminação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes à sua gestão, compatibilizados com o Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos.

O SEIRH pode ser acessado pela internet por meio do seguinte endereço eletrônico: <http://seirh.semas.pa.gov.br/>. Sua interface é apresentada na Figura 15.

A SEMAS/PA, por meio da Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos e da Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – DIREH, é a entidade responsável pela coordenação do SEIRH. Os princípios básicos para funcionamento do SEIRH estão pautados na descentralização da obtenção e produção de dados e informações, na coordenação unificada do Sistema e na disponibilização dos dados e informações à sociedade (SEMAS, 2018).



SEIRH

- O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH) é um abrangente sistema de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e disseminação de informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes em sua gestão. Trata-se de uma iniciativa pioneira na região norte, que implementa no Estado do Pará um dos principais instrumentos para a gestão de recursos hídricos, atendendo à necessidade de sistematização e compartilhamento de informações, em consonância com as políticas Nacional (Lei nº 9.433/1997) e Estadual (Lei nº 6381/2001) de Recursos Hídricos.
- O SEIRH visa dar suporte ao funcionamento do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH), conforme a resolução nº 12/2010 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), por meio da Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos e da Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (DIREH), é a entidade responsável pela coordenação do SEGRH e do SEIRH.

Figura 15 – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado do Pará (SEIRH).

Está previsto pela SEMAS/PA, a substituição do SEIRH pelo SIGERH-PA. No entanto, ainda assim, na sequencia são apontadas algumas melhorias que poderiam ser realizadas no SEIRH ou, futuramente no SIGERH-PA, para que o Sistema a ser utilizado atenda plenamente os objetivos e princípios básicos previstos na Resolução CERH Nº 12/2010, ou seja, ser um site informativo para os usuários de água e a sociedade civil em geral.

No que se refere às informações sobre capacitação, por exemplo, sugere-se que sejam divulgados os eventos e as datas das campanhas de educação e conscientização ambiental, cursos de capacitação e seminários realizadas pelas SEMAS/PA.

As informações do Conselho Estadual devem ser amplamente divulgadas, com disponibilização ao público das datas e horários das plenárias, composição atual, atas de reuniões, resoluções aprovadas, atividades das câmaras técnicas, e etc.

É importante ainda a exibição de um calendário com todos os eventos relacionados à recursos hídricos.

Na parte de mapas interativos sugere-se a reestruturação, uma vez que não estão disponíveis, por exemplo, informações sobre os usuários outorgados no Estado. É fundamental que as informações no SEIRH ou, futuramente no SIGERH-PA, sejam constantemente atualizadas e que o Sistema contemple um banco de dados sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos do Estado do Pará de fácil acesso e disseminação.

VII - A capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental:

O instrumento diferenciador da Lei Estadual do Pará para a Lei das Águas de âmbito Nacional é o da Capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental. Na lei do Estado do Pará é considerado um instrumento, que tem como objetivo criar condições nos ambientes técnico e científicos acerca da gestão dos recursos hídricos. Ademais, pela leitura da lei em questão, percebe-se que este instrumento se encontra voltado à criação ou ao aprimoramento de técnicas capazes de promover de forma eficaz a preservação, a conservação, a recuperação ou ainda a reutilização das águas considerando as peculiaridades de cada região hidrográfica (DIAS, MORALES, BELTRÃO, 2017).

O instrumento está regulamentado pelas resoluções CERH Nº 01/2007 – Institui as Câmaras Técnicas de Assuntos Legais e Institucionais, do Plano Estadual de Recursos Hídricos e de Capacitação e Educação Ambiental dos Recursos Hídricos e CERH Nº 07/2008 - Dispõe sobre a Capacitação, Desenvolvimento Tecnológico e Educação Ambiental em recursos hídricos e dá outras providências.

A SEMAS/PA possui ações de educação ambiental iniciadas, mas com amplo potencial de desenvolvimento complementar. Na área de recursos hídricos, a SEMAS/PA realizou em 2015, campanhas de conscientização sobre a importância da regularização do uso da água em condomínios residenciais em Belém e região metropolitana. Ações desse tipo devem ser continuada e ampliada para outros setores usuários.

Em relação à cursos de capacitação e seminários, as maiores dificuldades estão relacionadas à logística para a execução em municípios das regiões mais remotas e de difícil acesso do Estado, além da baixa adesão das prefeituras. Nesse sentido, propõe-se a criação de cursos de educação a distância (EAD) e seminários online, que devem ser acompanhados por intensas campanhas de divulgação, seja através do SIGERH-PA, seja por meio de uma lista ou grupo de e-mails.

13.1.3 Articulação com planos e projetos setoriais

No presente estudo foram levantadas e produzidas informações importantes acerca das águas subterrâneas da região de Belém, compreendendo subsídios técnicos para o seu aproveitamento, zoneamento da exploração, diretrizes para o setor de saneamento, dentre outras. É importante que os resultados e as estratégias estabelecidas neste estudo sejam articulados e integrados aos planos e projetos setoriais existentes na região.

Os planos e projetos setoriais com maior interferência sobre o ordenamento territorial e as águas subterrâneas são:

- Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano – PDDU
- Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB
- Zoneamentos Ecológicos-Econômicos – ZEE

Na área de estudo, todos os municípios possuem PDDU, sendo que os de Ananindeua, Marituba e Santa Izabel do Pará estão sendo revisados. Com relação aos PMSB, somente Belém possui Plano aprovado, sendo que o mesmo engloba apenas as modalidades água e esgoto. O PMSB de Santa Izabel do Pará está concluído e apenas aguardando a aprovação pela Câmara de Vereadores. O Quadro 7 apresenta a situação dos PDDUs e PMSBs nos municípios.

Quadro 7 – Situação dos PDDUs e PMSBs dos municípios da área de estudo

Município	PDDU	PMSB
Ananindeua	Lei nº 2.237/2006 (Em revisão)	Em elaboração
Belém	Lei nº 8.655/2008	Aprovado (Água e Esgoto). Necessita atualização.
Benevides	Lei nº 1.031/2006	Não Informado
Marituba	Lei nº 170/2007 (Em revisão)	Licitado
Santa Bárbara do Pará	Lei nº 003/2006	Não Informado
Santa Izabel do Pará	Lei nº 071/2006 (Em revisão)	Concluído. Aguardando aprovação da Câmara.

O PDDU é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana de um município e tem como objetivo promover o diálogo entre os aspectos territoriais e os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Os PDDUs definem áreas de proteção

ambiental nos municípios, diretrizes para o saneamento e diretrizes para o desenvolvimento econômico, assim como estabelecem as zonas urbanas, de expansão urbana e industrial, dentre outras.

O PMSB, por sua vez, é um instrumento indispensável da política pública de saneamento básico dos municípios. Nele são estabelecidas diretrizes e fixadas as metas de cobertura e atendimento com os serviços de água; coleta e tratamento do esgoto doméstico, limpeza urbana, coleta e destinação adequada do lixo urbano e drenagem das águas da chuva. Os PMSB devem ser elaborados de acordo com as metas e diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

Na área de estudo há carência de atendimento aos preceitos fundamentais do saneamento básico, principalmente relacionado ao esgotamento sanitário. A ausência de coleta de esgotos propicia o uso de alternativas individuais, como fossas sépticas, além do lançamento direto do esgoto no solo e nos corpos d'água superficiais. O esgoto lançado *in natura* no solo ou nos cursos d'água e até mesmo aqueles destinados às fossas sépticas podem provocar, influenciar ou potencializar a degradação do Sistema Aquífero Barreiras. As campanhas de amostragem de qualidade da água realizadas no âmbito deste estudo constataram concentrações de nitrato e cloreto acima do permitido na legislação de potabilidade em alguns locais, indicando que as águas subterrâneas estão sendo afetadas pelas atividades antrópicas.

Um problema preocupante em relação à contaminação das águas subterrâneas, é que elas se configuram como importante manancial para abastecimento na região, seja público ou privado. Nos municípios de Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, 100% do abastecimento público é realizado com água subterrânea e o abastecimento privado é realizado. A maioria dos poços privados são rasos e por isso mais susceptíveis a captar água de qualidade comprometida das camadas aquíferas mais rasas do Sistema Aquífero Barreiras, podendo vir a desencadear graves problemas de saúde pública, caso seja empregada em usos mais nobres como o consumo humano. Dessa forma, se faz necessário ampliar a cobertura do abastecimento de água e investir em coleta e tratamento dos efluentes, além de proteger as áreas de recarga de forma a conservar a qualidade das águas subterrâneas da região.

A integração das informações deste estudo e a articulação entre os atores envolvidos direta e indiretamente na gestão de recursos hídricos deve ocorrer na ordem técnica e na ordem institucional / política.

Na ordem técnica sugere-se que o banco de dados deste estudo seja compartilhado com todos os atores estratégicos e que seja utilizado por outros instrumentos de planejamento setorial. Ou seja, os próximos planos (saneamento, ordenamento territorial, zoneamentos, etc.) devem ser elaborados, considerando os resultados deste estudo.

Na ordem institucional / política a Resolução CNRH nº15/2001, em seu artigo 6º, estabelece que os Estados devem orientar os municípios sobre as diretrizes de gestão integrada das águas subterrâneas, propondo mecanismos de estímulo para a proteção das áreas de recarga dos aquíferos. Nesse sentido, a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas no CERH-PA, proposta no item 13.2.1, será um ente chave para a questão da gestão integrada na região de estudo, na medida em que poderá promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os demais planejamentos, incluindo o Estado e os municípios, assim como os setoriais. Nesta instância os temas relativos à gestão de águas subterrâneas podem ser aprofundados e os gestores serão induzidos a atuar sobre estes temas.

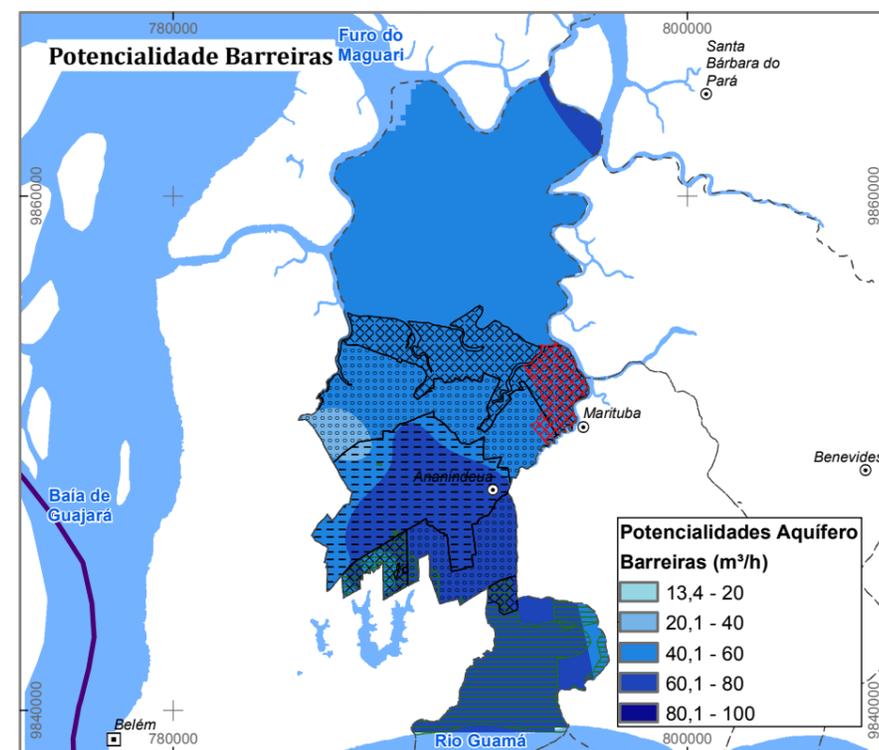
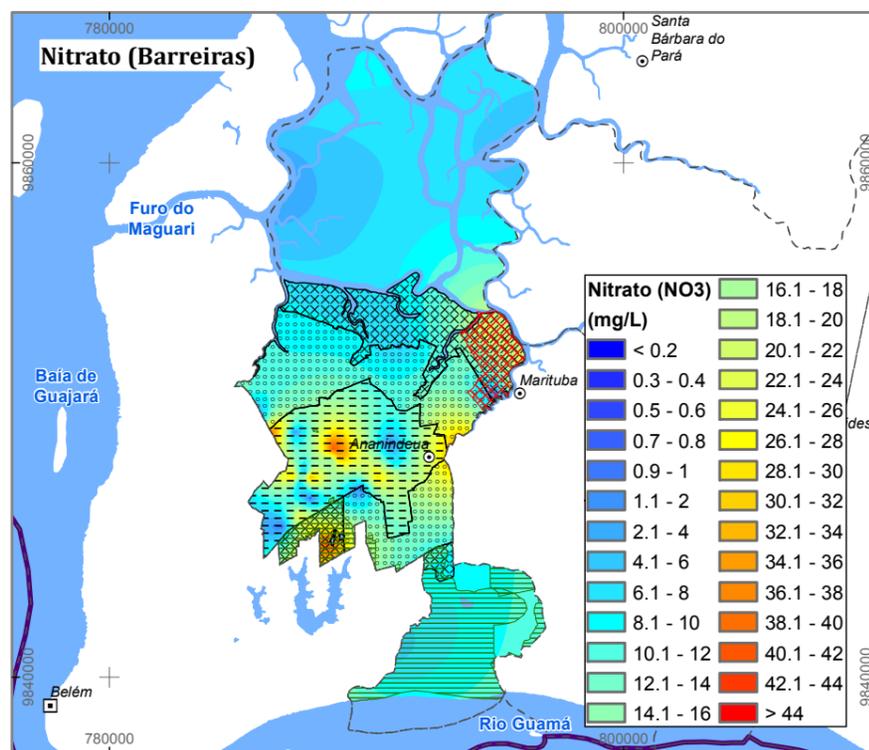
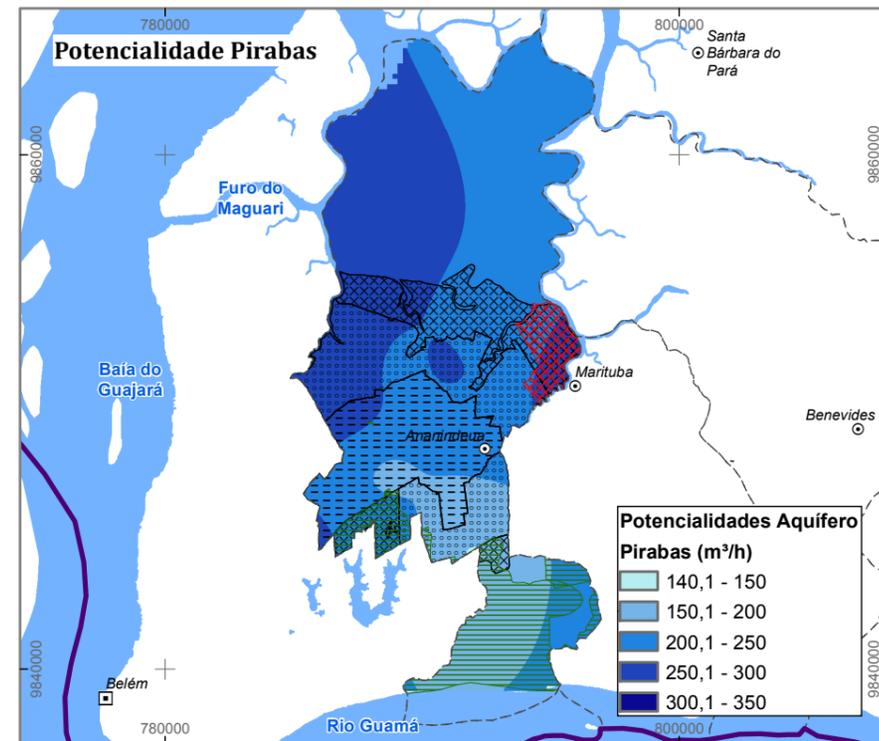
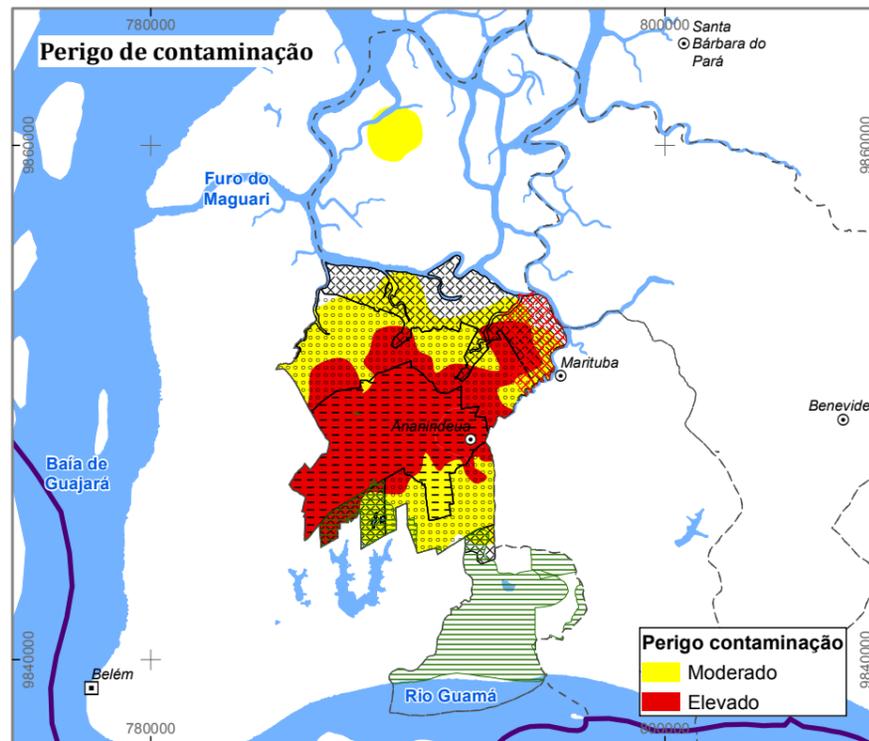
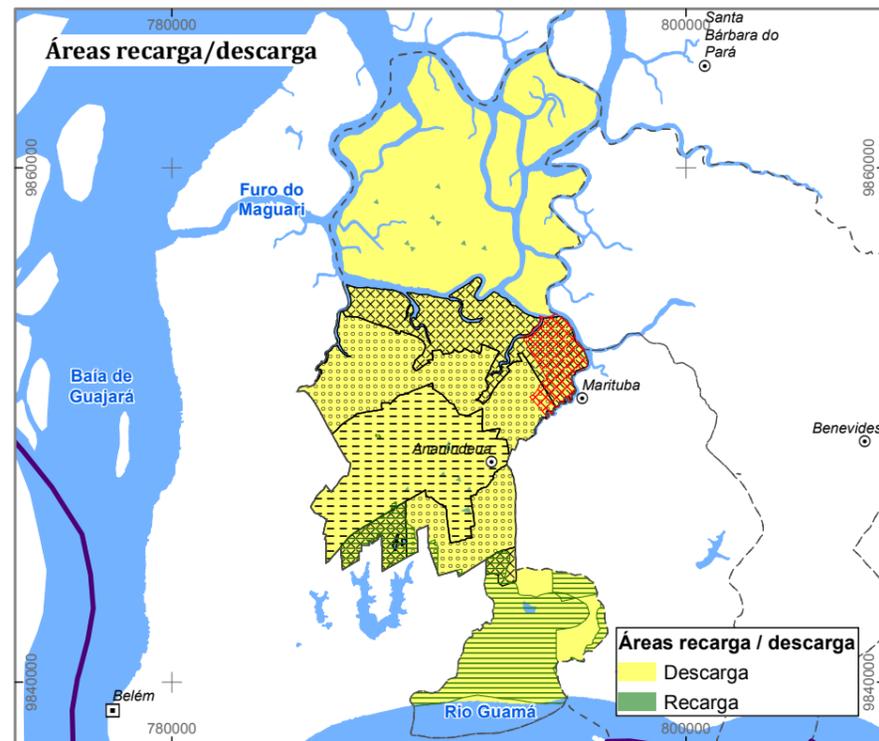
Como exemplo de experiência bem sucedida, cita-se a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas do CNRH, cuja atuação sobre o tema permitiu a elaboração de uma Agenda para Gestão Integrada de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos da ANA (ciclo 2015-2019), que, por sua vez, permitiu a elaboração deste estudo para a região de Belém, enquadrado na atividade "*Identificar e elaborar estudos em aquíferos de áreas urbanas onde a água subterrânea é importante no abastecimento humano*".

De forma a subsidiar a gestão integrada das águas subterrâneas com os instrumentos de planejamento setorial municipais, foram elaborados os mapas da Figura 16 até a Figura 21. Os mapas compreendem um conjunto de informações, a partir das quais é possível observar as potencialidades e as fragilidades das águas subterrâneas na área de cada município.

Dessa forma, analisando conjuntamente as áreas de recarga dos aquíferos e as áreas com remanescentes florestais, por exemplo, pode-se ter uma indicação de áreas potenciais para preservação ambiental, a serem definidas nos zoneamentos dos planos diretores municipais e que visem a proteção das áreas de recarga dos aquíferos. É importante que as áreas de recarga dos aquíferos também sejam observadas, quando forem

estabelecidos os parâmetros urbanísticos de ocupação do solo de cada município, como por exemplo, as taxas de permeabilidade dos terrenos.

O cruzamento apresentado nos mapas também permite identificar as áreas com potencial perigo de contaminação das águas subterrâneas e os locais onde se constatou a contaminação por nitrato no Sistema Aquífero Barreiras. Nesses locais seria interessante iniciar as intervenções estruturais de saneamento, regularização dos poços e tamponamento de poços desativados. O cruzamento permite ainda identificar os locais potenciais para exploração das águas subterrâneas, tanto do Sistema Aquífero Barreiras, como do Sistema Aquífero Pirabas, subsídio importante para o setor de abastecimento.



LEGENDA

- Capital Estadual
- Sede Municipal
- Área de Estudo
- Limite municipal
- Unidade de conservação
- Massa d'água
- Zoneamento das áreas urbanas de Ananindeua**
 - Urbanização preferencial
 - Reurbanização
 - Urbanização restrita

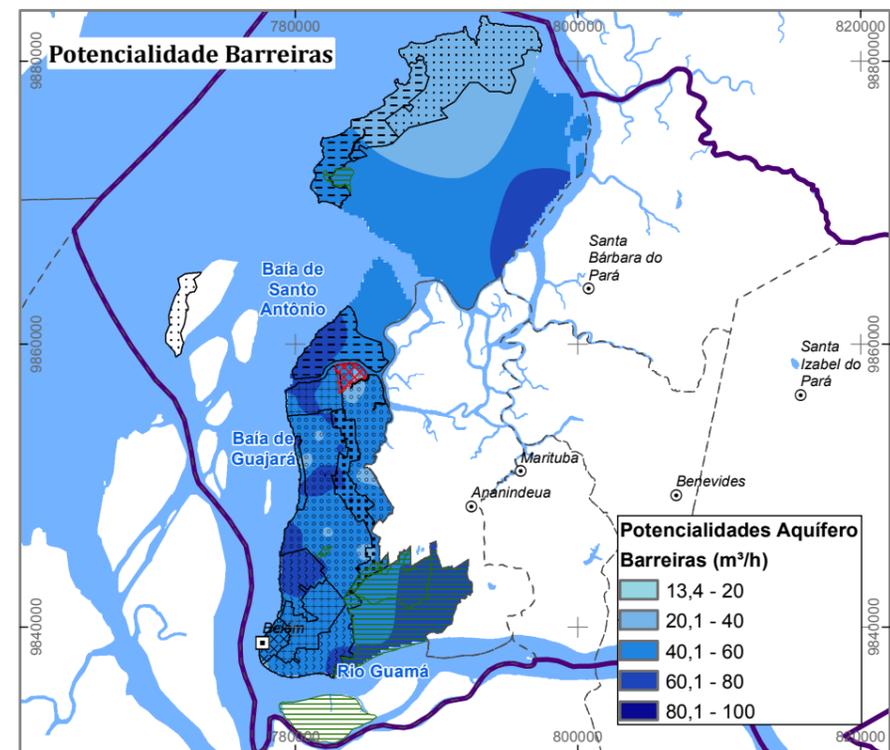
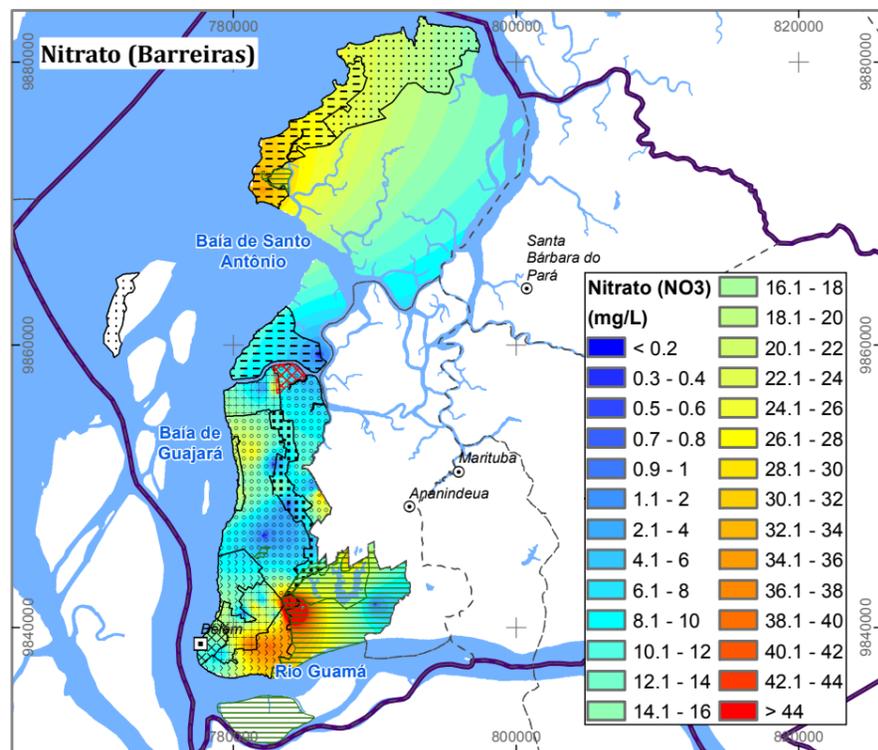
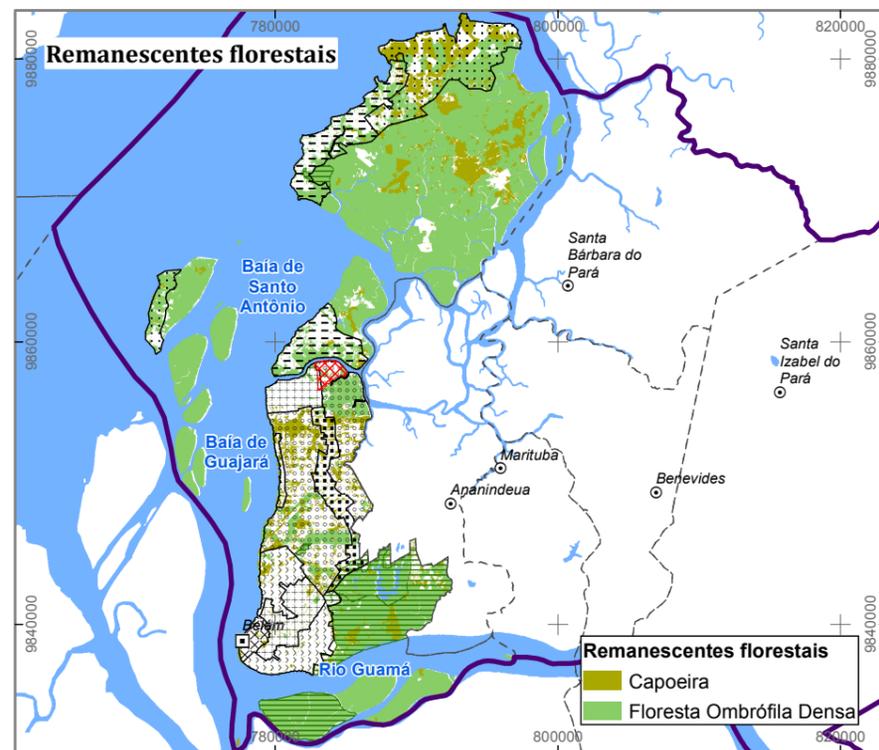
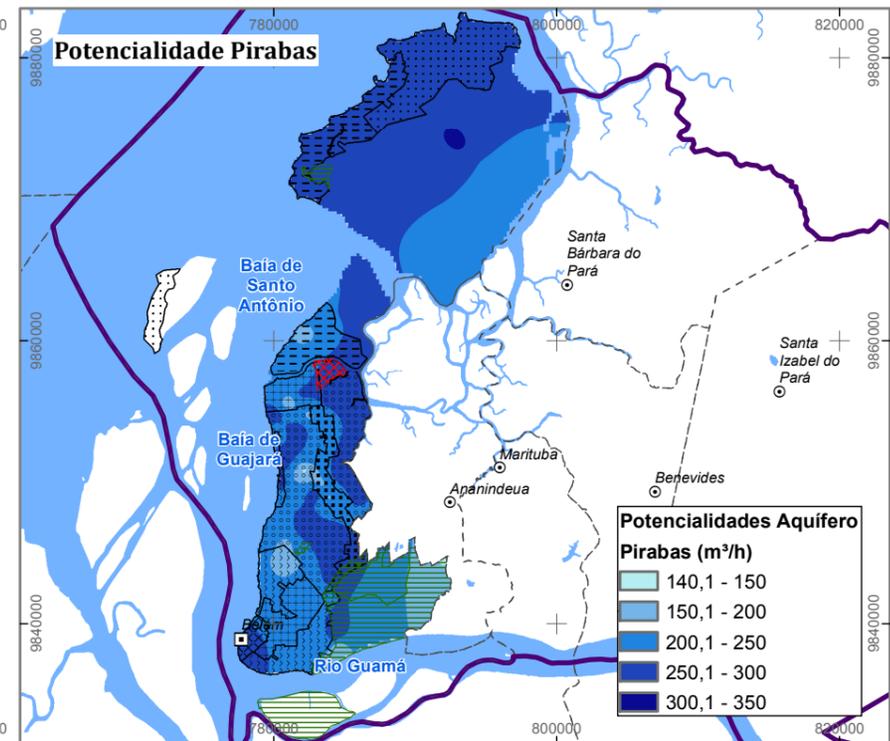
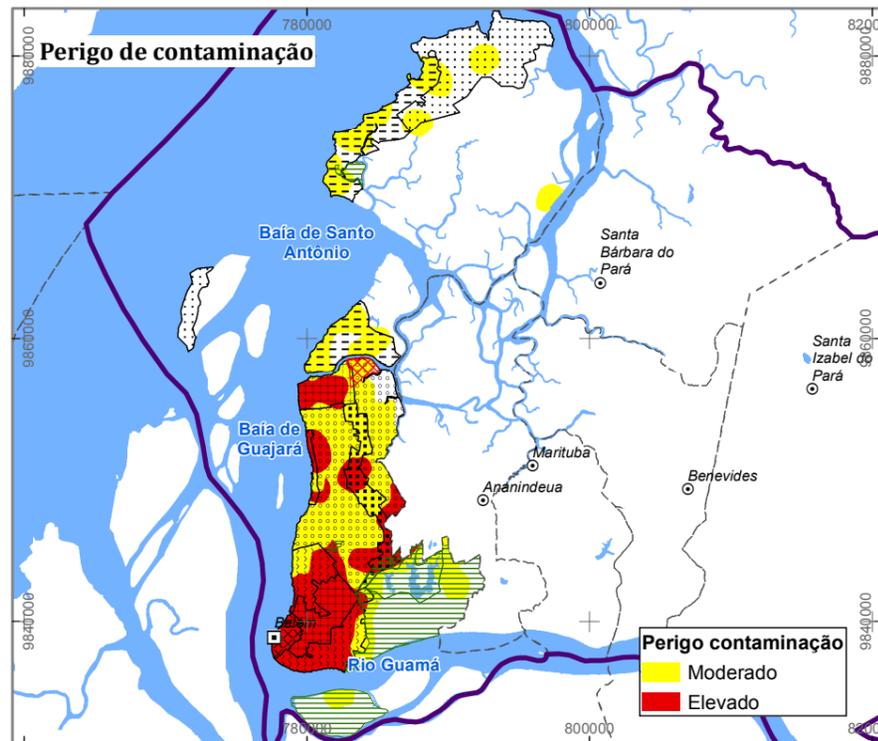
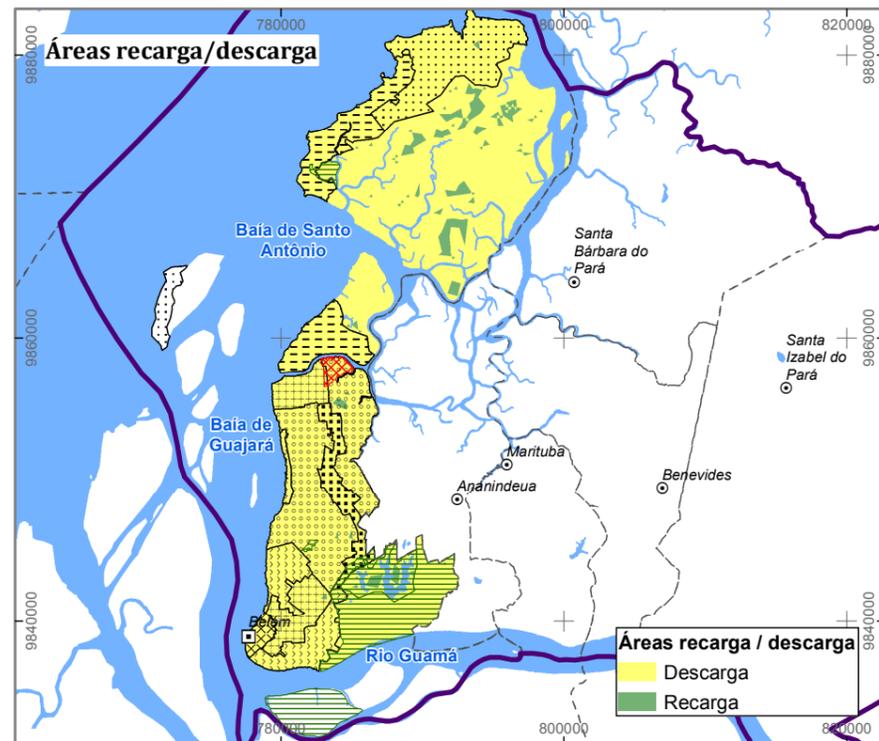
Figura 16 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com o zoneamento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Ananindeua



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Zoneamento das áreas urbanas: Lei 2.380 de 2009 - Macrozoneamento

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_16_PDDU_Ananindeua_Aguas_Subterraneas
Escala:	1:275.000



LEGENDA

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Capital Estadual Sede Municipal Área de Estudo Limite municipal Distrito industrial Unidade de conservação Massa d'água | <p>Zoneamento das áreas urbanas de Belém</p> <ul style="list-style-type: none"> Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 1 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 2 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 3 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 4 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 5 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 6 Zona do Ambiente Urbano (ZAU) 7 |
|---|---|

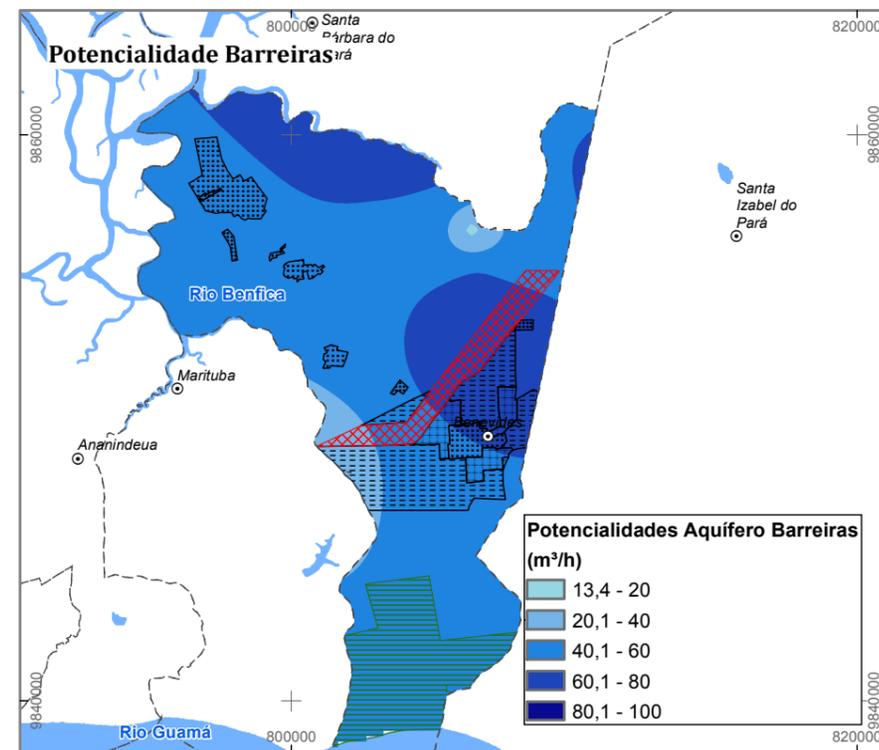
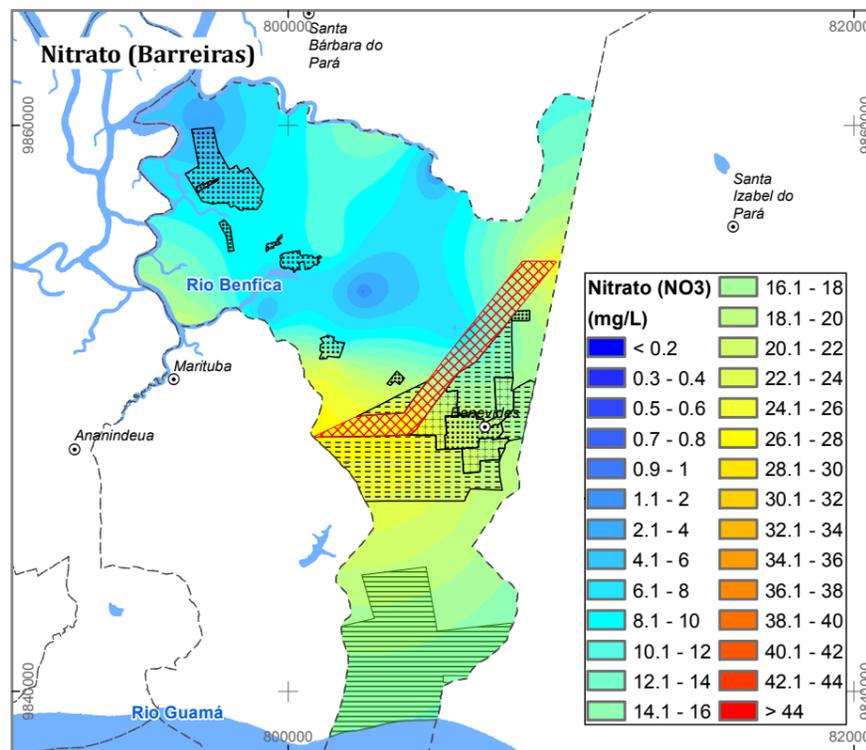
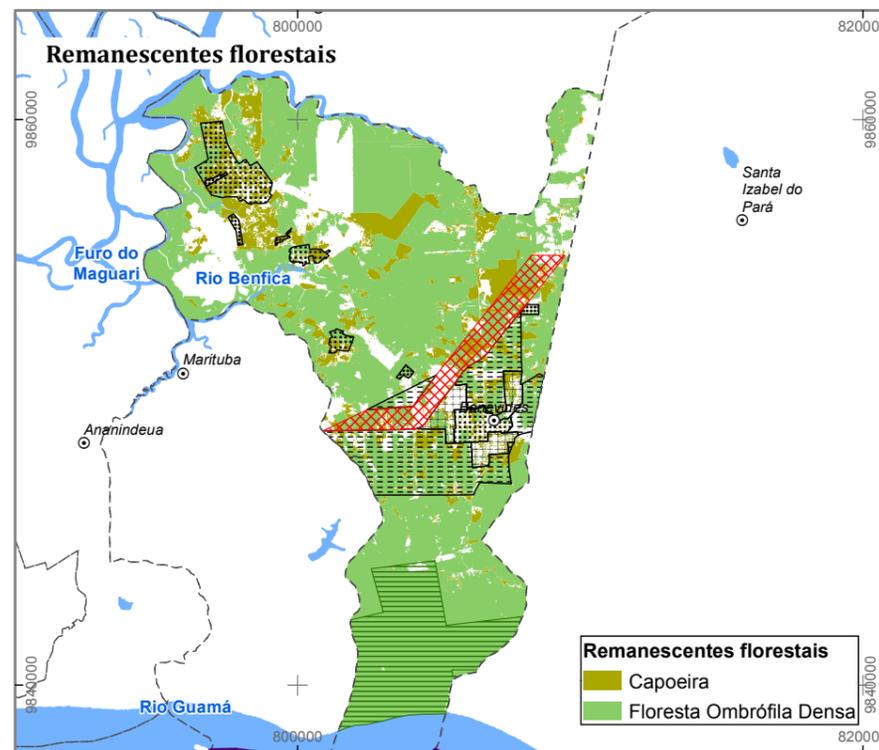
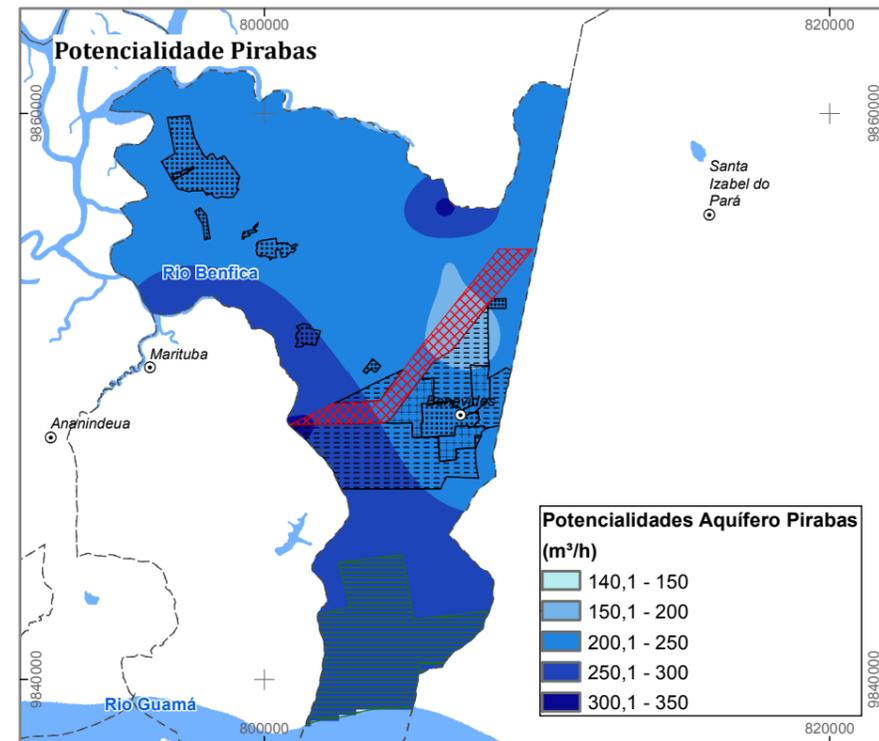
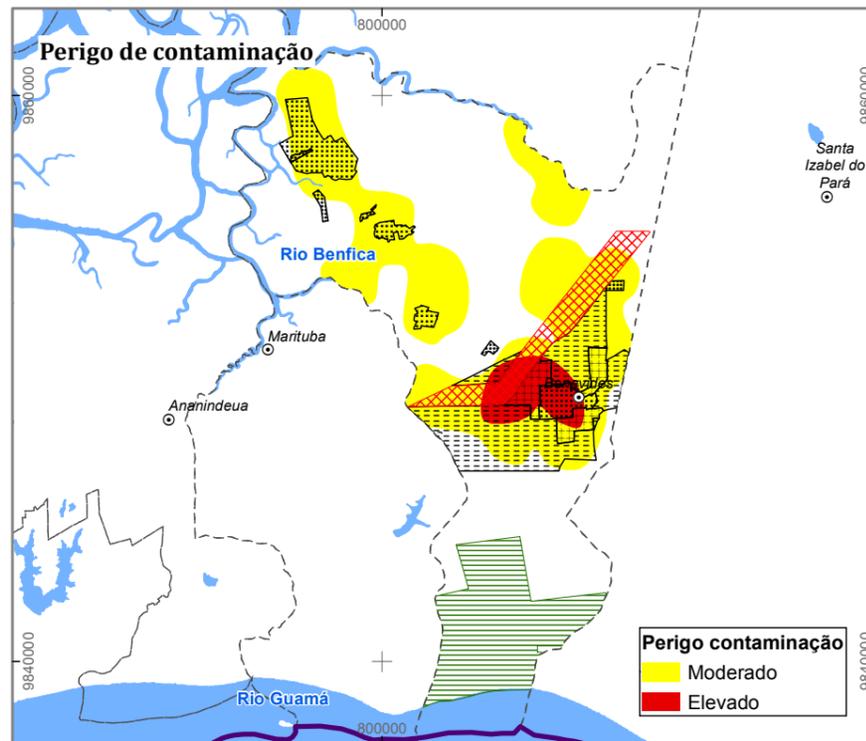
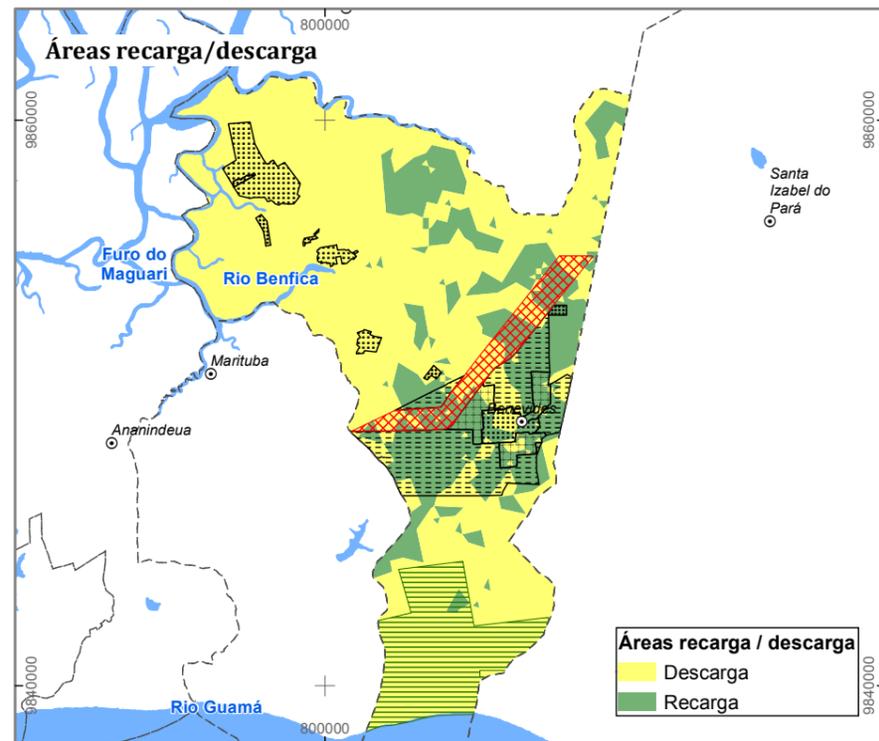
Figura 17 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com o zoneamento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Belém



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Zoneamento das áreas urbanas: Lei nº 8.655 de 2008 - Anexo V

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_17_PDDU_Belem_Aguas_Subterraneas
Escala:	1:500.000



LEGENDA

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Capital Estadual Sede Municipal Área de Estudo Limite municipal Unidade de conservação Massa d'água | <p>Zoneamento das áreas urbanas de Benevides</p> <ul style="list-style-type: none"> Zona central Zona intermediária Zona de expansão Zona especial de interesse social Zona especial comercial industrial |
|--|---|

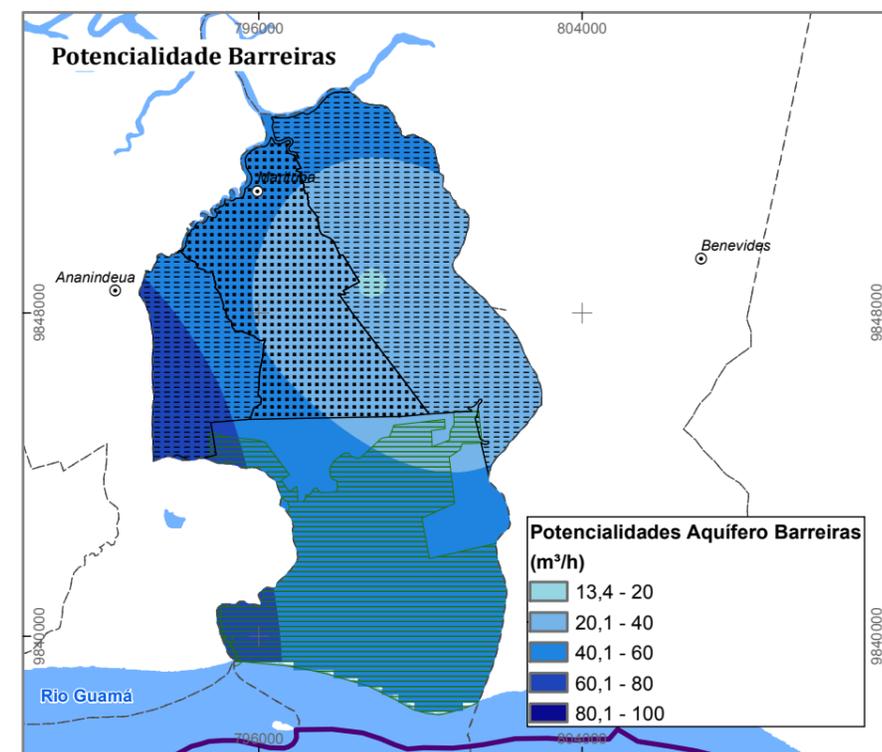
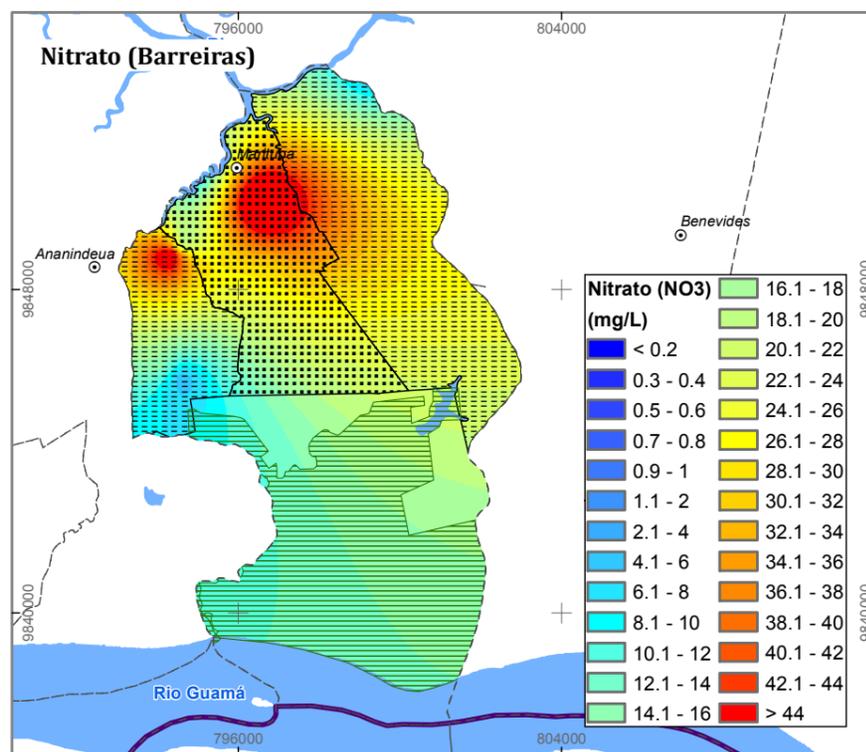
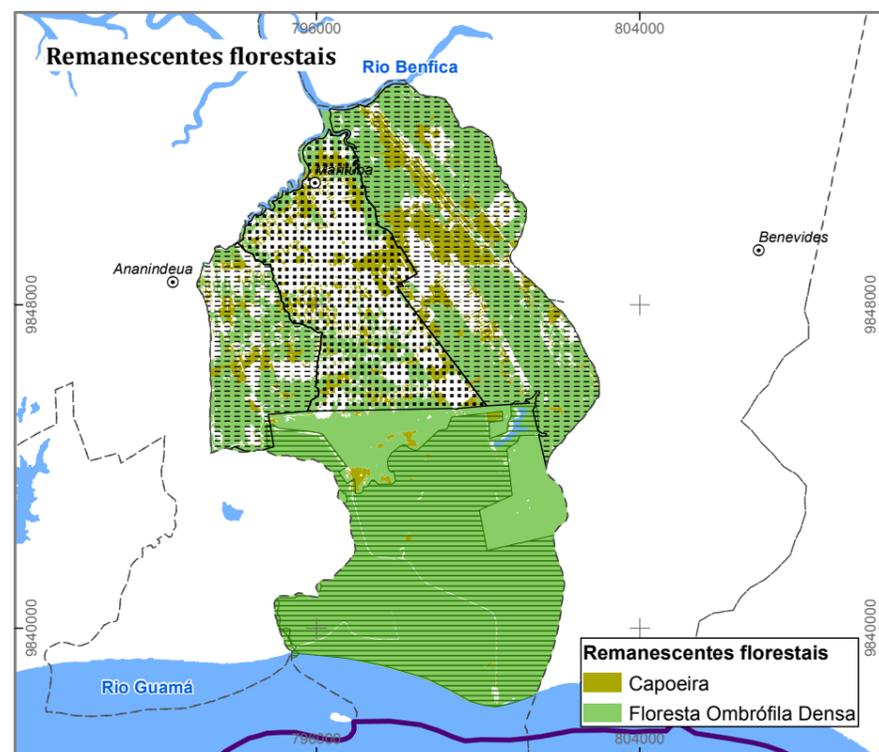
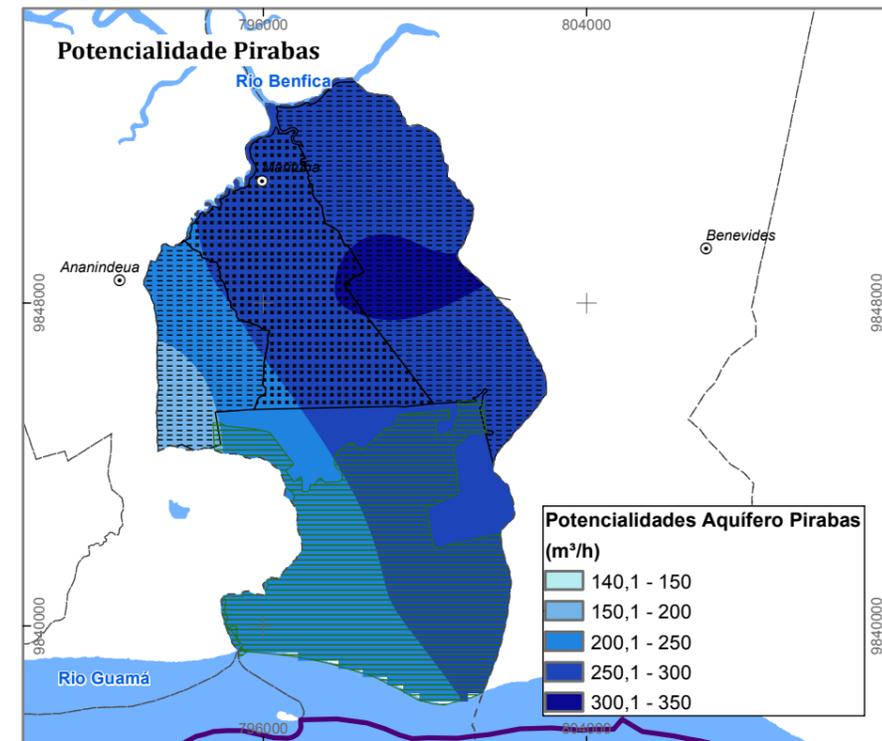
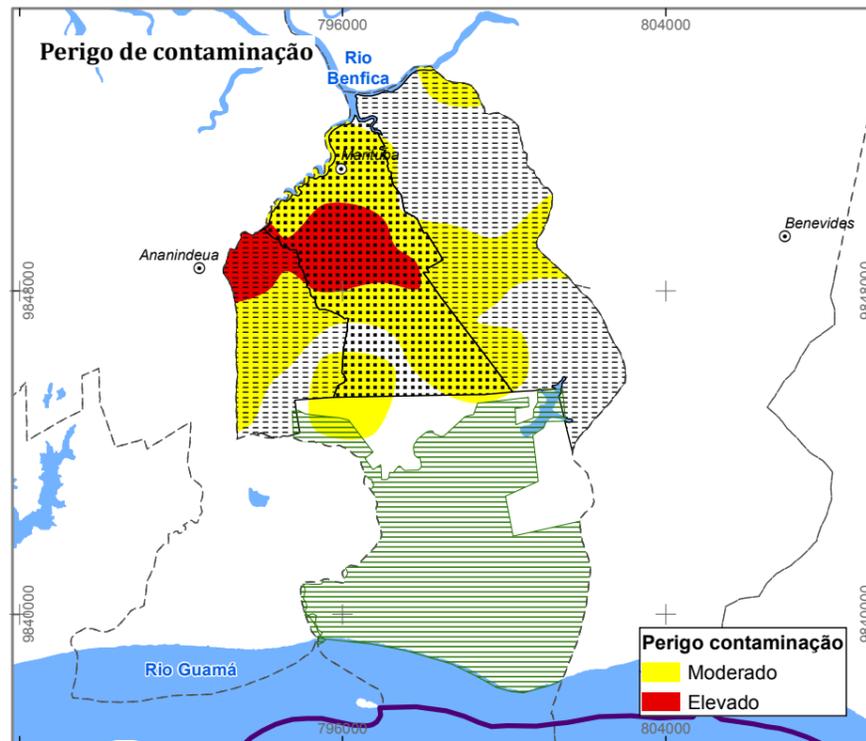
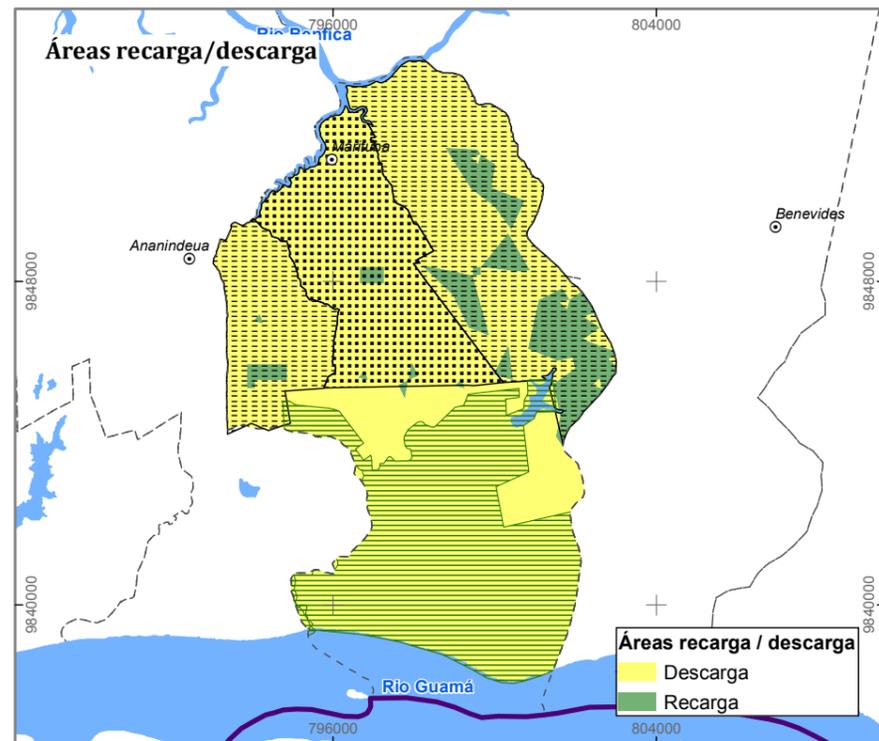
Figura 18 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com o zoneamento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Benevides



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Zoneamento das áreas urbanas: Lei 1.031 de 2006 - Zoneamento

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_18_PDDU_Benevides_Aguas_Subterraneas
Escala:	1:250.000



LEGENDA

- Capital Estadual
- Sede Municipal
- Massa d'água
- Área de Estudo
- Limite municipal
- Unidade de conservação
- Zoneamento das áreas urbanas de Marituba**
- Área urbana
- Área de expansão urbana com atividade rural

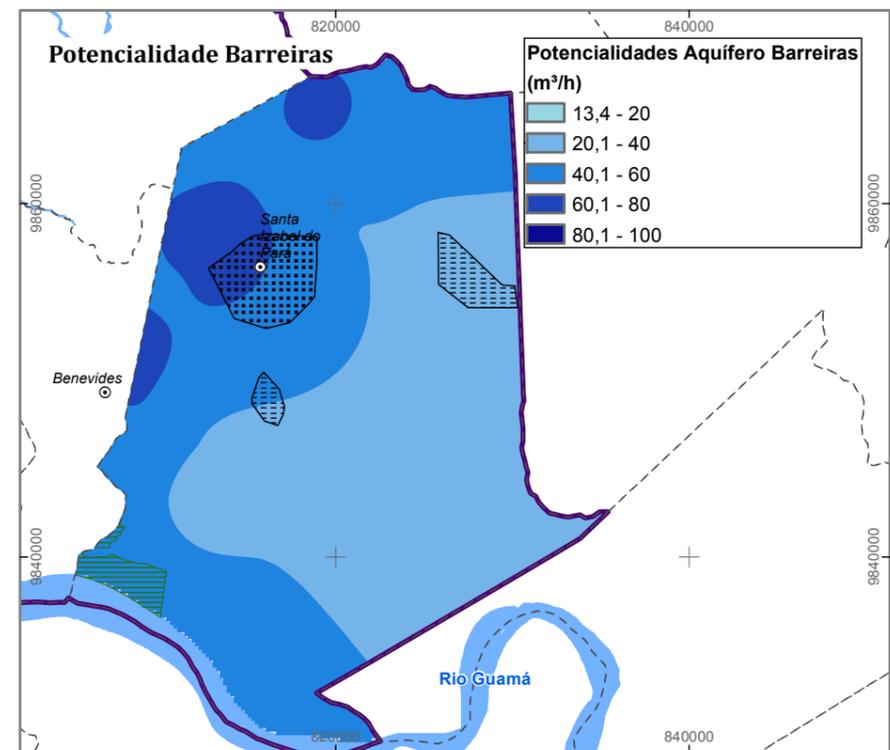
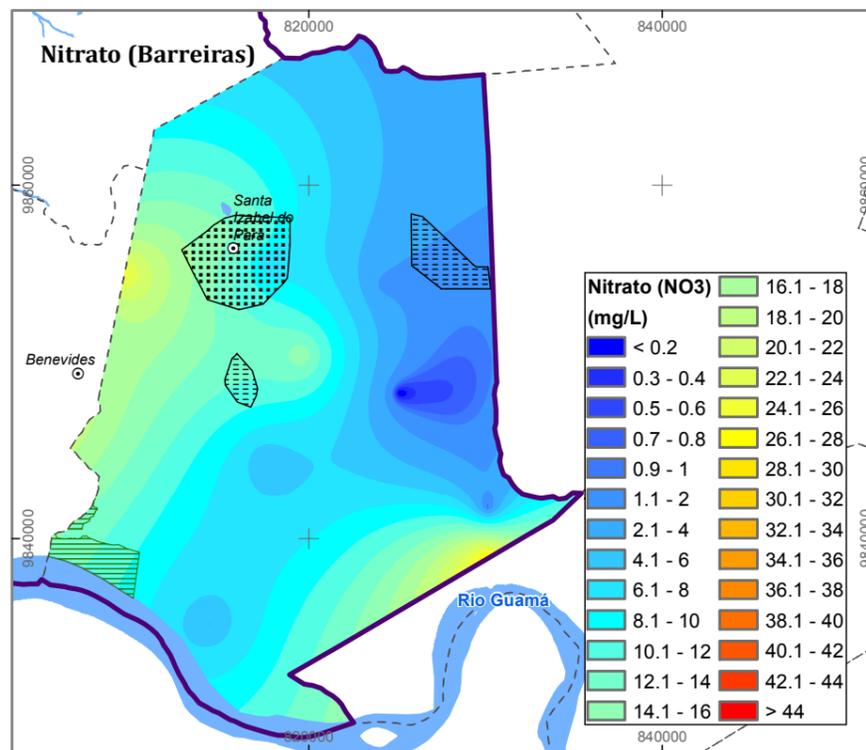
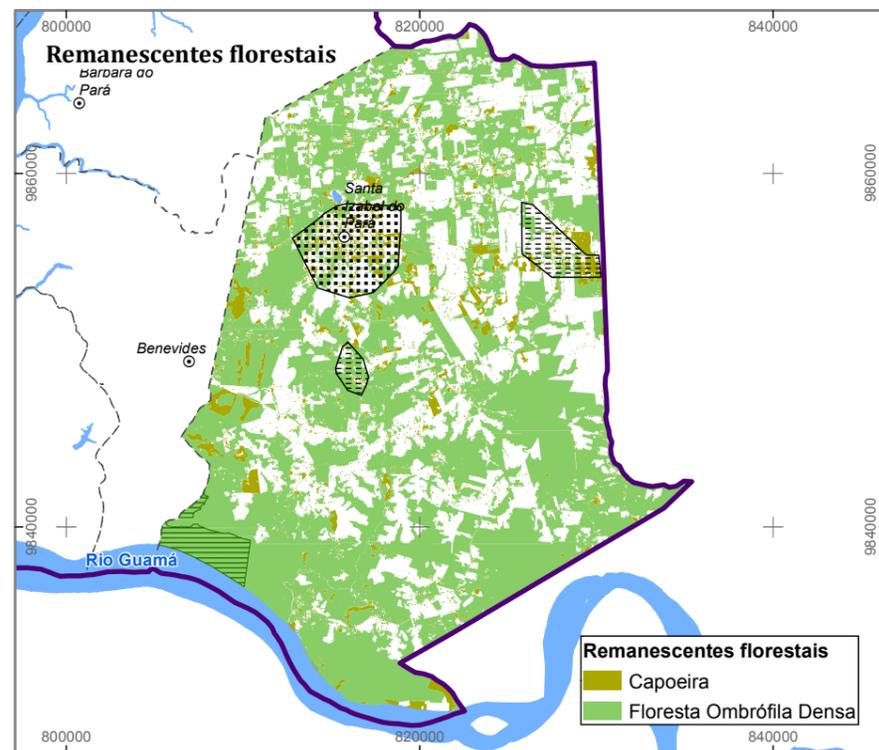
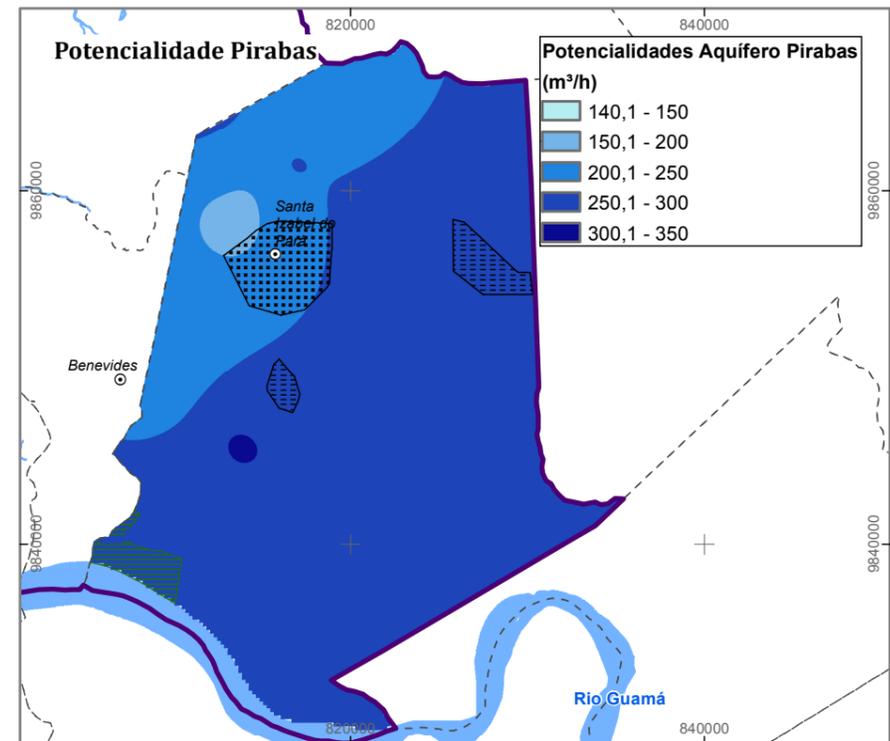
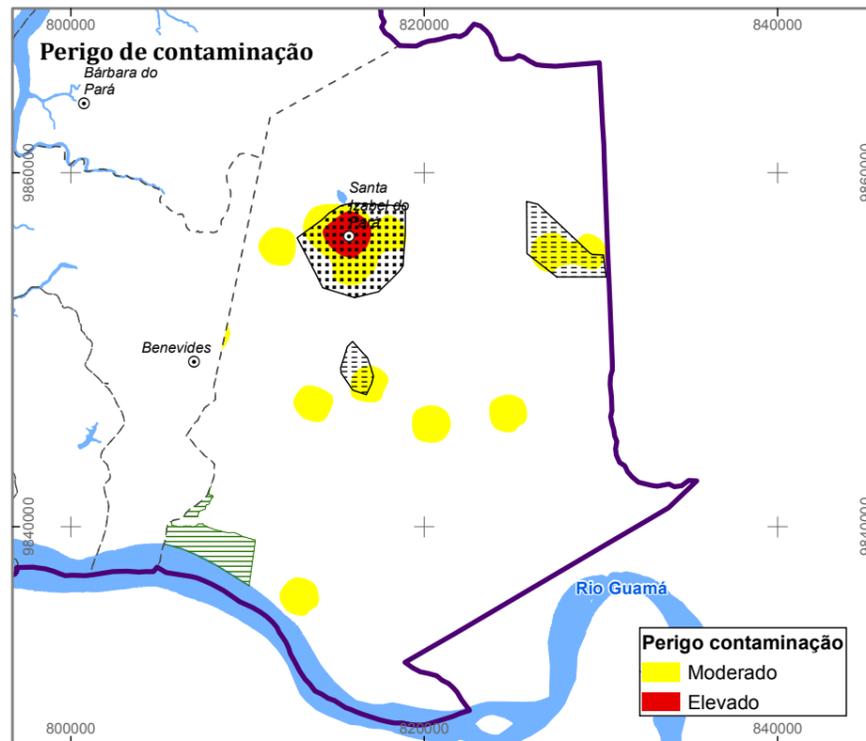
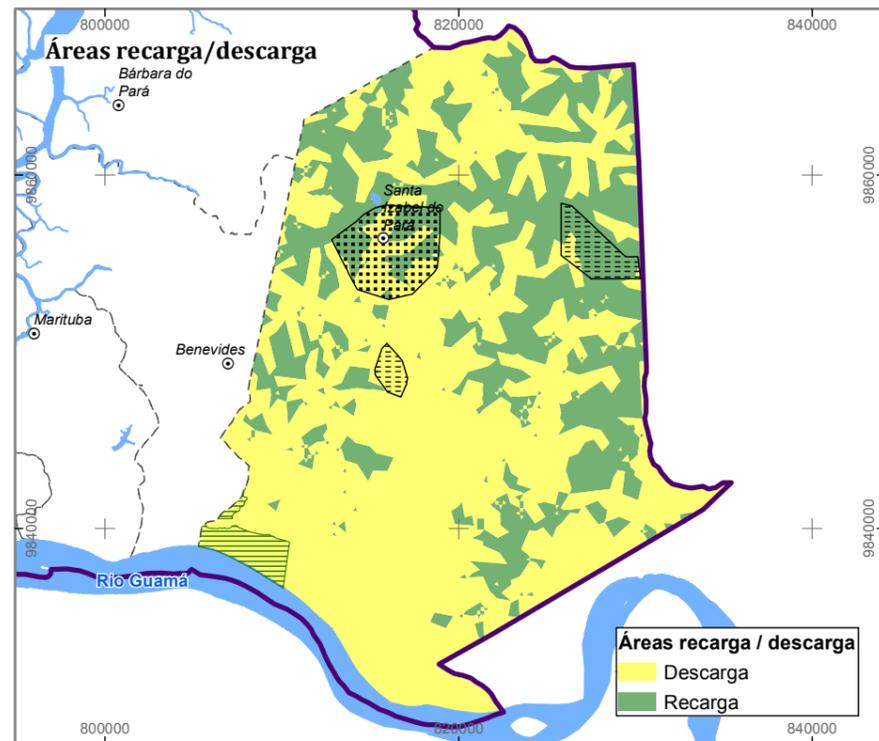
Figura 19 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com o zoneamento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Marituba



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Zoneamento das áreas urbanas: Lei 170 de 2007

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_19_PDDU_Marituba_Aguas_Subterraneas
Escala:	1:175.000



LEGENDA

- Capital Estadual
- Sede Municipal
- Massa d'água
- Área de Estudo
- Limite municipal
- Unidade de conservação
- Sede municipal e distritos de Santa Izabel do Pará**
- Sede municipal
- Distrito

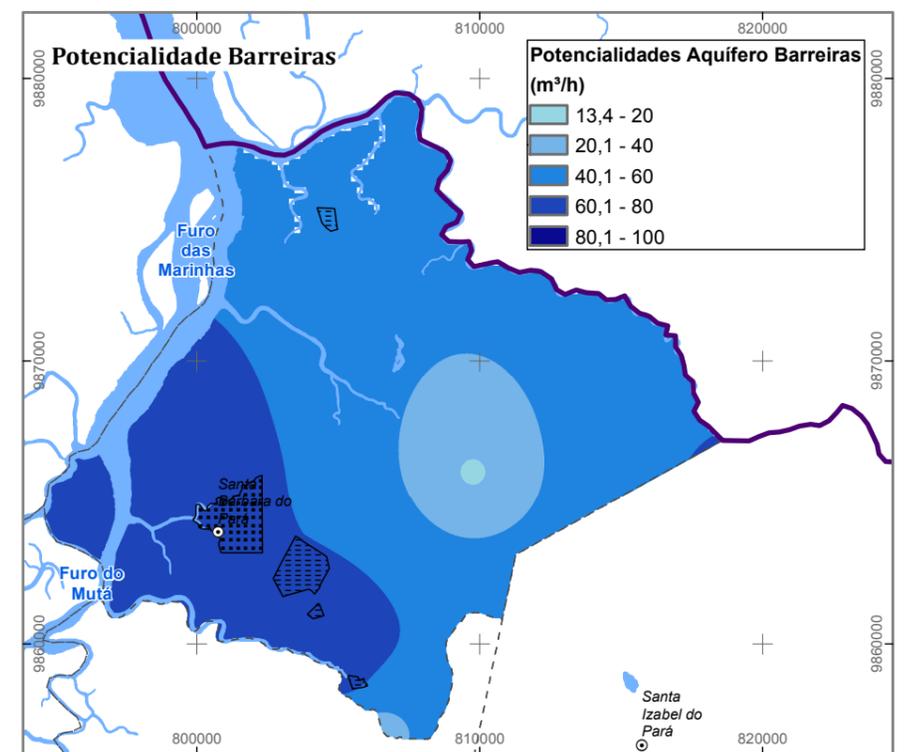
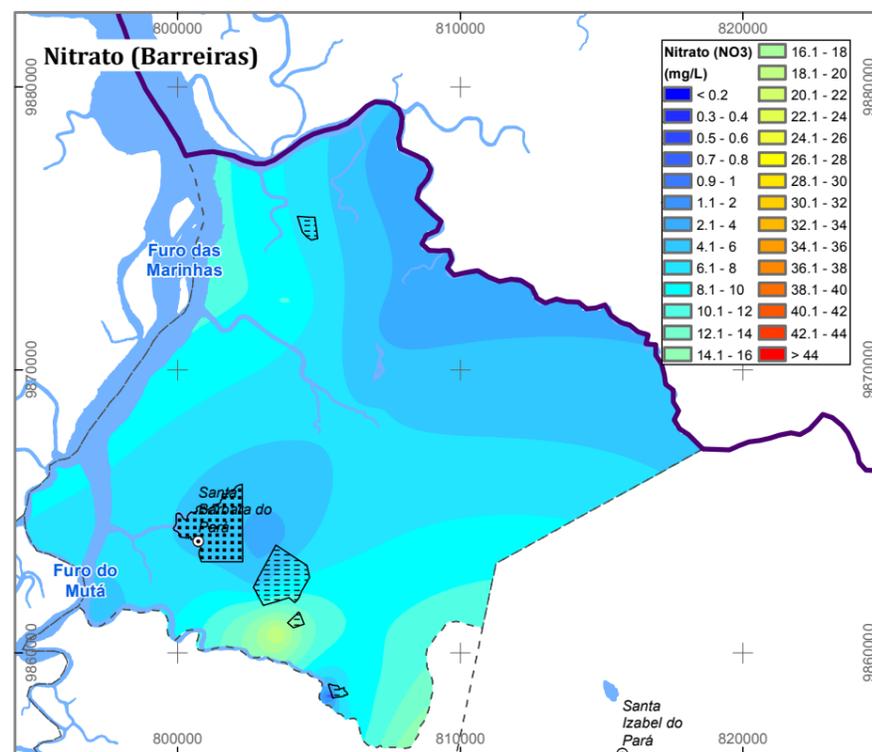
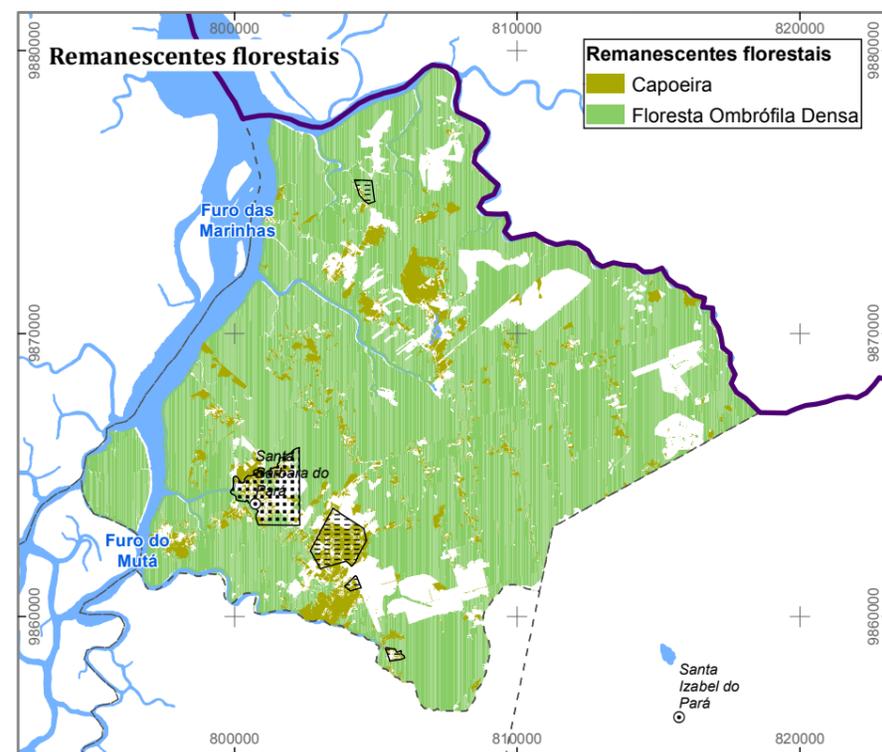
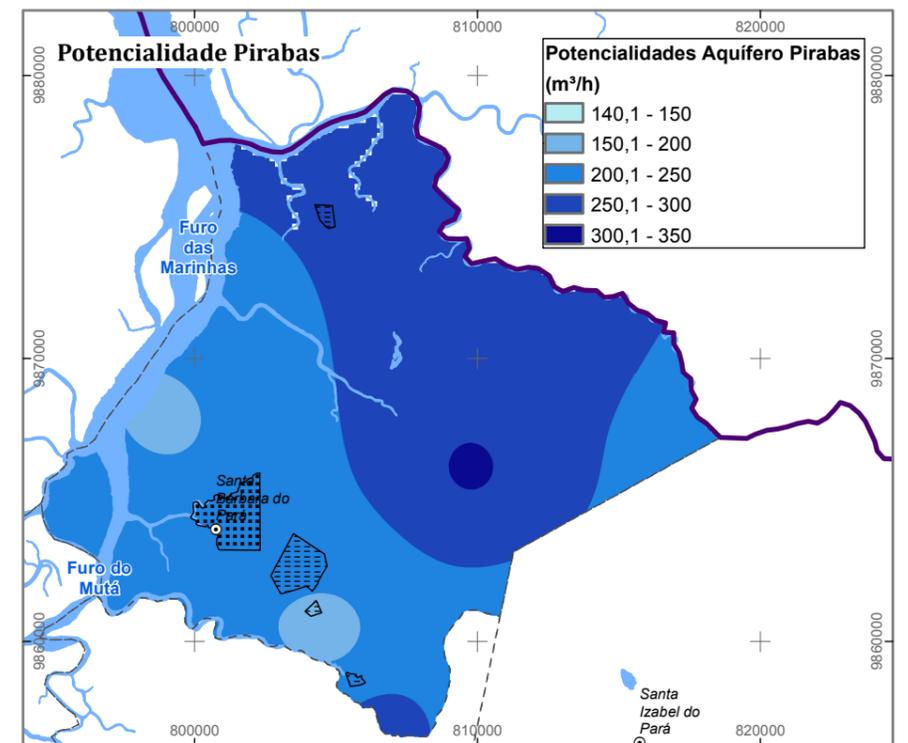
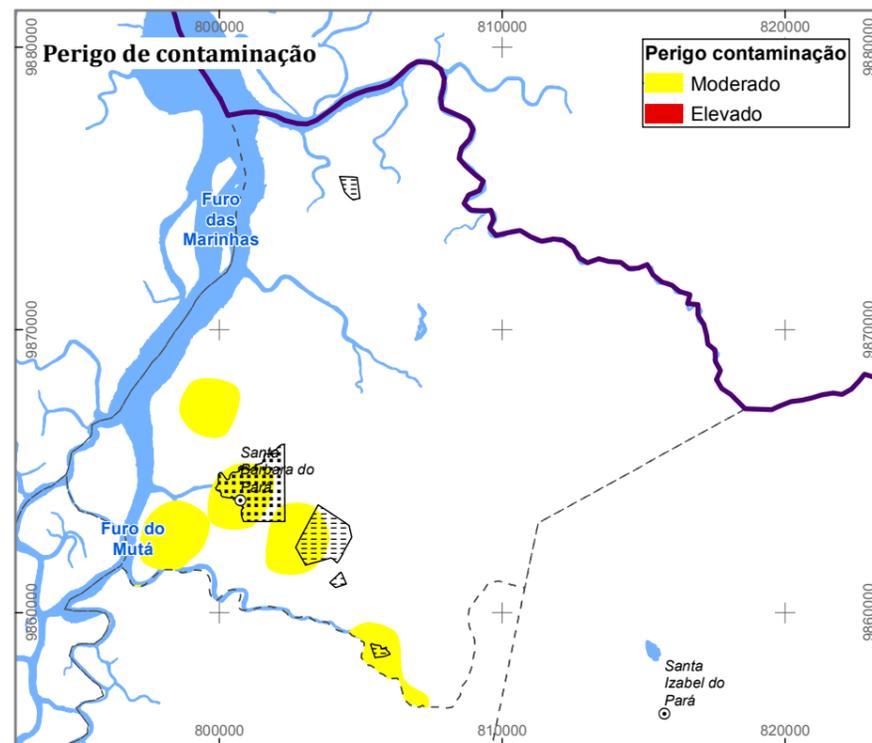
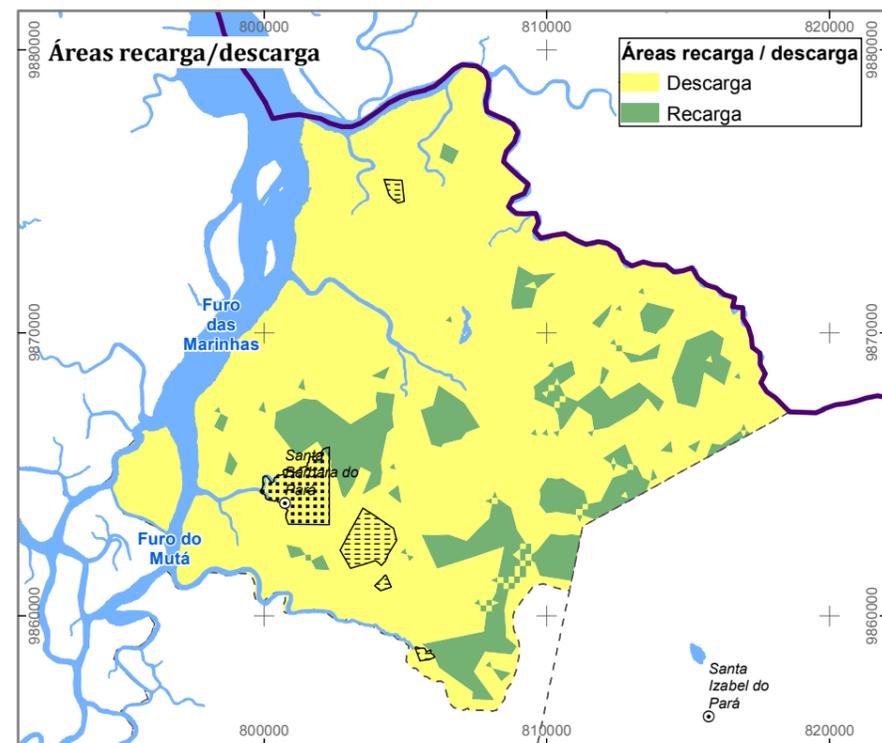
Figura 20 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com a sede municipal e distritos de Santa Izabel do Pará



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Áreas urbanas: Setores censitários (IBGE, 2010)

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	
Figura_20_Area_urbana_Santa_Izabel_Aguas_Subterraneas	
Escala:	1:400.000



LEGENDA

- Capital Estadual
- Sede Municipal
- Massa d'água
- Área de Estudo
- Limite municipal
- Sede municipal e distritos de Santa Bárbara do Pará**
- Sede municipal
- Distrito

Figura 21 – Cruzamento de informações sobre as águas subterrâneas com a sede municipal e distritos de Santa Bárbara do Pará



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Áreas urbanas: Setores censitários (IBGE, 2010)

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_21_Area_urbana_Santa_Barbara_Aguas_Subterraneas
Escala:	1:250.000

13.2 COMPONENTE 2: FORTALECIMENTO INSTITUCIONAL

13.2.1 Proposta de arranjo e fortalecimento institucional

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é o conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a PNRH sendo composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA), pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), pelos Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais (Entidades Estaduais), pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e pelas Agências de Água.

Ao CNRH, além de outras competências, cabe promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estadual e dos setores usuários; acompanhar a execução e aprovar o PNRH; determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas, assim como estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Entre suas funções, a da articulação dos planejamentos de recursos hídricos com os demais é de grande relevância, em especial por se tratar de organismo que deve contar com a participação dos mais variados setores públicos e privados ligados às águas (POMPEU, 2003).

No que diz respeito às águas subterrâneas, o CNRH é assessorado pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS), que possui entre suas atribuições: compatibilizar as legislações relativas à exploração e utilização destes recursos, propor mecanismos institucionais de integração das águas superficiais e subterrâneas, além de mecanismos de proteção e gerenciamento das águas subterrâneas (Resolução CNRH nº 09/2000).

A implementação da PNRH tem na ANA a sua executora. Em relação às águas subterrâneas, conforme comentado anteriormente, a ANA utiliza como documento balizador das ações a Agenda de Ações de Gestão Integrada entre Águas Superficiais e Subterrâneas da ANA (ciclo 2015-2019). A agenda foi atualizada para seu segundo ciclo de ações, tendo entre seus objetivos a ampliação do conhecimento hidrogeológico nacional, que busca dotar os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos de ferramentas técnico-gerenciais necessárias para promover a adequada gestão desses recursos.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pará (SEGRH-PA) é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-PA); pelo órgão gestor dos recursos hídricos, ou seja, a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS/PA), criada pela Lei nº 5.457/1988, reestruturada pela Lei nº 5.752/1993 e reorganizada pelas leis nº 7.026/2007, nº 8.096/2015 e nº 8.633/2018, com regimento interno aprovado pelo Decreto nº 746/2007; pelos Comitês de Bacias Hidrográficas; pelas Agências de Bacias; e pelos órgãos dos Poderes Públicos estaduais e municipais, cujas competências se relacionam com a gestão dos recursos hídricos.

O CERH-PA foi instituído pela Lei nº 6.381/2001 e regulamentado pelo Decreto nº 1.556/2016 (substitui os Decretos nº 276/2011 e nº 2.070/2006). O CERH-PA encontra-se atualmente em seu terceiro mandato (2016-2020). Durante a atuação do CERH-PA no período de 2016 a 2018 foram agendadas 18 (dezoito) reuniões considerando Conselho e Câmaras Técnicas, sendo que apenas 13 (treze) reuniões ocorreram. Neste período, as principais deliberações do Conselho foram: a aprovação do primeiro Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Estado do Pará, no dia 14/03/2017, sendo este, denominado, Comitê de Bacia do Rio Marapanim e a elaboração e aprovação da Resolução que dispõem sobre as diretrizes para a formação e funcionamento dos CBHs no Estado do Pará, no dia 22/03/2018 (PEREIRA & MIRANDA, 2018).

Outro tema que avançou neste terceiro mandato, refere-se ao Plano Estadual de Recursos Hídricos, contratado em 2018 e em elaboração. A apresentação e votação das metas do PROGESTÃO 2015, 2016 e 2017 também foi um dos resultados neste mandato. O PROGESTÃO é um programa de incentivo financeiro da ANA aos sistemas estaduais para aplicação exclusiva em ações de fortalecimento institucional e de gerenciamento de recursos hídricos. É importante ressaltar que o repasse dos recursos para o Estado, depende da aprovação das metas do PROGESTÃO. As metas do PROGESTÃO foram discutidas e questionadas por alguns Conselheiros do CERH e foram aprovadas para encaminhamento a ANA (PEREIRA & MIRANDA, 2018).

Dentre as dificuldades enfrentadas pelo CERH-PA neste terceiro mandato, está a ausência de Conselheiros nas reuniões, o que contribui para uma dificuldade no aprofundamento dos debates, bem como na falta de quórum para as votações na maioria das reuniões, logo, muitas pautas são repetidas em várias reuniões até que se alcance um consenso entre os membros do Conselho (PEREIRA & MIRANDA, 2018).

Com o objetivo de se avançar na gestão integrada entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, assim como na gestão integrada entre as águas subterrâneas e o planejamento setorial, propõe-se, no âmbito deste estudo, a criação de uma Câmara Técnica sobre Águas Subterrâneas no CERH-PA.

Esta Câmara Técnica terá como competências discutir e propor a inserção da gestão de águas subterrâneas na Política Estadual de Recursos Hídricos; compatibilizar as legislações relativas a exploração e a utilização destes recursos; propor mecanismos institucionais de integração da gestão das águas superficiais e subterrâneas; propor mecanismos institucionais de integração da gestão das águas subterrâneas com o planejamento setorial; analisar, estudar e emitir pareceres sobre assuntos afins; propor mecanismos de proteção e gerenciamento das águas subterrâneas; propor ações mitigadoras e compensatórias; e analisar e propor ações visando minimizar ou solucionar eventuais conflitos.

Conforme mencionado anteriormente, a SEMAS/PA foi criada pela Lei nº 5.457/1988, e sua última atualização remete à lei nº 8.633/2018, sendo o órgão ambiental do Estado do Pará. Na SEMAS/PA, o planejamento e a gestão de recursos hídricos é realizado através da Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (DIREH). A DIREH é composta atualmente por duas coordenações: Coordenação de Regulação, que possui duas gerências, quais sejam, a Gerência de Controle e Cadastro e a Gerência de Outorga; e a Coordenação de Planejamento em Recursos Hídricos, com três gerências, a saber, Gerência de Gestão Participativa em Recursos Hídricos, Gerência do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e Gerência de Planos e Enquadramento. O organograma completo é apresentado na Figura 22 e na Figura 23.

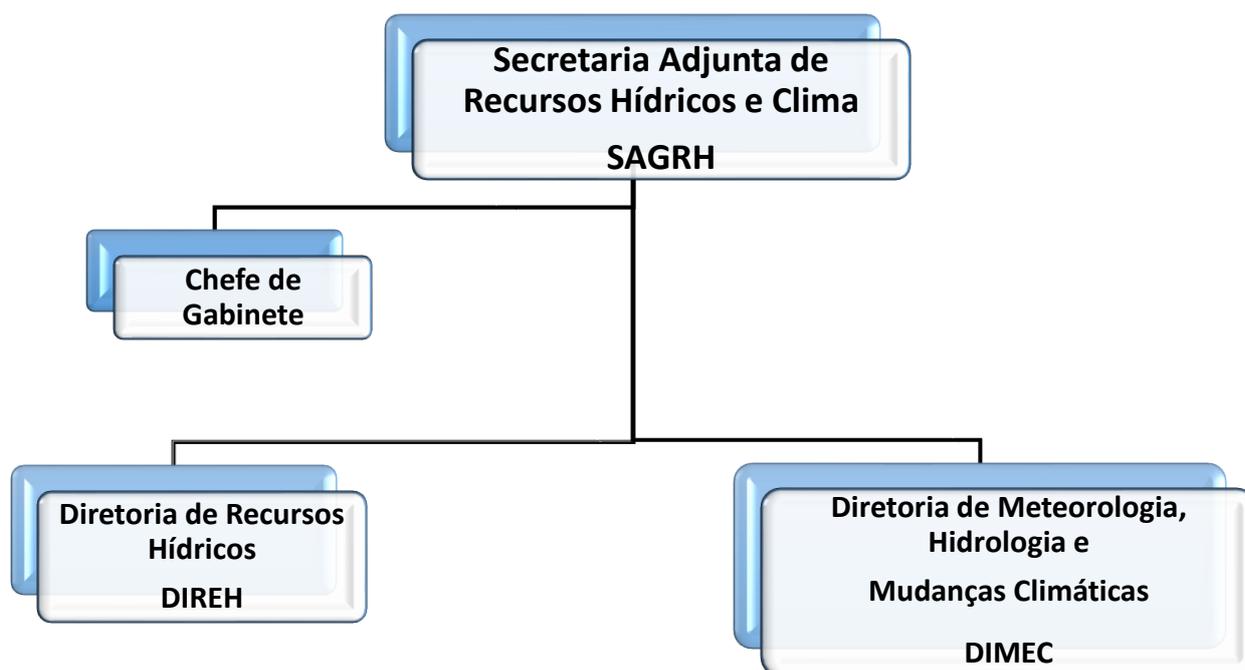


Figura 22 – Organograma SEMAS (SEMAS, 2018)



Figura 23 – Organograma DIREH (SEMAS, 2018)

Compete à DIREH coordenar e executar a Política Estadual de Recursos Hídricos, articulando ações junto às demais secretarias de governo, às instituições públicas federais e municipais afins, às empresas públicas, às empresas privadas e às agências de financiamento e cooperação nacionais e internacionais, com o intuito de regular os diversos

usos da água, garantindo os padrões de qualidade adequados para a manutenção da vida, além de proporcionar condições favoráveis à gestão participativa, a fim de dirimir conflitos e garantir que os interesses econômicos sejam atendidos sem comprometer a disponibilidade hídrica para os usos prioritários previsto em lei, e auxiliar na adequação do uso desses recursos em benefício da sociedade (SEMAS, 2018).

Considerando que a gestão ambiental e a gestão de recursos hídricos estão dentro de uma mesma secretaria (SEMAS/PA), as ações voltadas à capacitação e educação ambiental, por exemplo, são de responsabilidade da Diretoria de Ordenamento, Educação e Descentralização da Gestão Ambiental – DIORED. As ações de fiscalização das outorgas são de responsabilidade da Diretoria de Fiscalização – DIFISC. Nestas diretorias, no entanto, não existe uma equipe específica para a capacitação e fiscalização dos recursos hídricos.

Uma forma de coordenar as atividades relacionadas à gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará, seria promover uma maior articulação entre as Diretorias existentes e um aperfeiçoamento do quadro técnico na área de recursos hídricos.

Outra dificuldade enfrentada pela DIREH no gerenciamento dos recursos hídricos é a centralização dos processos de outorga em Belém. Atualmente, as regionais apenas recebem os processos de outorga e encaminham para Belém, que centraliza as análises. ***Nesse sentido, seria interessante que houvesse um fortalecimento institucional entre Belém e as regionais visando a descentralização dos pedidos de outorgas. O SIGERH-PA pode vir a facilitar esse processo de descentralização.*** Para isso, todos os técnicos, tanto de Belém, como das regionais, devem ter acesso ao sistema e estarem capacitados a operá-lo.

Para o fortalecimento institucional entre a SEMAS/PA e os demais atores estratégicos (prefeituras, representantes setoriais, usuários de água, etc.) propõe-se a criação de uma lista ou grupo de e-mails que necessita estar constantemente atualizada para comunicação, sensibilização e divulgação de informações, assim como cursos de capacitação e seminários, de modo a aproximar e envolver esses atores na gestão integrada de recursos hídricos.

Em relação aos Comitês de Bacias, conforme comentado anteriormente, o CERH-PA aprovou a criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, mas sua institucionalização ainda necessita ser oficializada por Decreto do Governo do Estado do

Pará. O Comitê de Bacia do Rio Marapanim é o único Comitê de Bacia no Estado do Pará, cujo processo de criação está mais avançado. Segundo representantes do Movimento, a discussão sobre a institucionalização do Comitê já dura onze anos.

A Bacia do Rio Marapanim possui a extensão de 906,3 km, em um território ocupado por mais de 526 mil habitantes. Essa extensão é composta pelos municípios de Castanhal, Curuçá, Terra Alta, São Francisco, Igarapé-Açu, Maracanã, Magalhães Barata, Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano, Vigia de Nazaré e Marapanim. A região passa por situações de conflitos pelo uso da água que envolvem as comunidades tradicionais que sobrevivem dos rios na região e o lançamento de efluentes sem tratamento.

A institucionalização do Comitê da Bacia do Rio Marapanim demandou um conhecimento maior sobre as competências e a importância dos comitês para a gestão das águas no Pará. Em 29/06/2017, a ANA administrou uma palestra para técnicos da SEMAS/PA, membros do CERH-PA e representantes do movimento de criação do Comitê de Bacia do Rio Marapanim, na qual foram expostas as atribuições, funcionamento e representações dentro dos comitês de bacia, além de alternativas à sua criação e exemplos em funcionamento no país. O Movimento da Bacia do Rio Marapanim é exemplo de engajamento e interesse por parte da sociedade civil organizada e usuários de água, a ser seguido pelas demais bacias hidrográficas do Estado do Pará.

De modo análogo à Câmara Técnica de Águas Subterrâneas proposta para o CERH-PA, os futuros Comitês de Bacia podem ter uma Câmara Técnica para Águas Subterrâneas, promovendo a integração para gestão em âmbito mais local.

13.2.2 Proposta de aperfeiçoamento do quadro técnico

O aperfeiçoamento técnico representa um importante conjunto de ações que contribuem para o objetivo de melhoria contínua e manutenção da gestão das águas subterrâneas na região de Belém. Trata-se da oportunidade de repassar e intercambiar informações valiosas, estimular novas iniciativas, adotar novos padrões e potencializar ações positivas já em andamento.

Considerando-se a crescente descentralização dos processos decisórios no âmbito ambiental/administrativo, e ainda mais no que se referem aos recursos naturais e, em específico aos recursos hídricos, torna-se imprescindível capacitar não somente gestores públicos e privados, como também atores chaves e pivôs de difusão em geral como a sociedade civil e os usuários de água. Essa capacitação necessitará de especificidade nos

temas relacionados aos recursos hídricos de maneira integrada (superficiais e subterrâneos), levando em conta aspectos de gestão sob ótica multidisciplinar. Além dessa clara ênfase temática, sugere-se a abordagem de temas relacionados aos processos de licenciamento ambiental em vigor bem como as ferramentas para gestão e controle, haja vista a tendência de regionalização institucional destas tarefas no âmbito estadual.

O que se propõe é o desenvolvimento de um plano de capacitação consistente, o qual defina não somente os atores participantes, dentre os quais se deve incluir a sociedade civil e os usuários de água, como também os eixos temáticos, além da metodologia básica de capacitação e, finalmente os elementos de infraestrutura necessários à sua concretização. Faz-se necessário que este Plano estabeleça regras mínimas para a participação e sistemática espacial, levando em consideração as diferenças de tamanho de cidades e representação e ou peculiaridades locais.

O quadro técnico atual da DIREH revela-se como um empecilho ao avanço da gestão de recursos hídricos no Estado, tendo em vista que a Secretaria dispõe de um quantitativo ínfimo de pessoal efetivo no órgão. No setor de outorga, por exemplo, de 13 funcionários, somente um é servidor efetivo. As contratações dos técnicos são temporárias, renovadas por processos seletivos, o que ocasiona uma rotatividade permanente da equipe, dispendendo recursos com capacitação e perda da experiência adquirida ao longo do tempo de permanência do funcionário temporário. Em função disso, muita energia e recurso financeiro se perde com seleção, treinamento, capacitação para que a diretoria usufrua das habilidades adquiridas por um curto período de tempo. Além disso, não há equipe específica para vistoria técnica, causando o deslocamento de analistas para atender a essa função específica.

Portanto, efetivar o vínculo permanente dos técnicos e dar-lhes estímulo e capacitação continuada, representa hoje um dos grandes desafios a ser encarado pelo Estado do Pará a curto e médio prazo para que haja avanço no sistema de gerenciamento de recursos hídricos. A efetivação e valorização do corpo técnico traz motivação a equipe e se reproduz em credibilidade pública às atribuições analíticas inerentes à gestão desempenhada pela SEMAS/PA.

13.3 COMPONENTE 3: MONITORAMENTO

O plano de monitoramento qualitativo e quantitativo compreende um programa sistemático de obtenção de dados de níveis de água e das características hidroquímicas dos aquíferos da região estudada.

A análise do comportamento das oscilações do nível de água dos aquíferos é importante para subsidiar a gestão dos recursos hídricos e a tomada de decisões. Variações de armazenamento dos aquíferos resultam da diferença entre suprimento (recarga) e retirada de água, fazendo com que os níveis variem em tempos de poucos minutos a muitos anos (TODD, 1959). O período e a frequência em que as oscilações ocorrem são indicativos dos processos que afetam os aquíferos.

Assim, é proposta a seguir uma rede de monitoramento de 10 (dez) poços, os quais devem ser submetidos à instalação de sensores telemétricos para medição dos níveis de águas e condutividade elétrica, além de outros parâmetros que virão a ser explorados no plano de monitoramento, proposto em sequência.

13.3.1 Proposta de rede de monitoramento quali-quantitativa

A fim de melhorar o acompanhamento das respostas da água subterrânea à sua utilização, é proposta uma rede de monitoramento de 10 (dez) poços, selecionados a partir dos resultados obtidos neste estudo. Esses poços foram estrategicamente selecionados considerando-se os resultados das análises físico-químicas.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH estabeleceu por meio da Resolução nº 107, de 13 de abril de 2010, diretrizes e critérios a serem adotados para planejamento, implantação e operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas.

A Resolução nº 107 levou em consideração a necessidade da formulação de diretrizes para o planejamento e operação da rede nacional de monitoramento de águas subterrâneas proposta pelo Programa Nacional de Águas Subterrâneas – PNAS integrante do Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, conforme Resolução CNRH nº 99, de 26 de março de 2009, estabelecendo que o monitoramento de águas subterrâneas é essencial para definir a referência de sua qualidade. Embora não mencionado do caput da Resolução nº 107, o monitoramento dos níveis de água fornece informações sobre as variações no

armazenamento dos aquíferos e permite avaliar o comportamento da relação recarga/descarga.

Levando em consideração, entretanto, que o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) já opera a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), é relevante o papel da CPRM nesse monitoramento, de forma que o Estado do Pará estabeleça parcerias técnico-institucionais com o Serviço Geológico do Brasil.

A seleção de poços para integrar a proposta de rede de monitoramento qualitativa da área de estudo considerou o conjunto formado por 150 poços tubulares profundos, escolhidos para compor a rede de amostragem de avaliação da qualidade da água dos aquíferos. A eleição dos poços da rede de amostragem procurou atender, na medida do possível, as seguintes condições:

- Anuência do proprietário para que o poço possa ser avaliado periodicamente;
- Distribuição representativa na área;
- Existência de perfis construtivos e litológicos e, preferencialmente, dados hidrodinâmicos e hidroquímicos;
- Serem, preferencialmente, poços produtores;
- Captarem, prioritariamente, um único sistema aquífero;
- Possuírem coordenadas e altitude de referência;
- Estarem equipados com bomba e ligados à rede de energia.

Além disso, a escolha dos pontos de monitoramento considerou outras informações levantadas ao longo do projeto, quais sejam: o uso e ocupação do solo; a caracterização geológica; a caracterização hidrogeológica; a hidrogeoquímica; a vulnerabilidade natural dos aquíferos, o risco de poluição das águas subterrâneas; as áreas potencialmente contaminadas; e o clima.

Ainda, pelo fato de a CPRM ser detentora de substancial conhecimento a respeito das águas subterrâneas do país, constituindo-se a instituição adequadamente capacitada para trabalhar com uma rede de monitoramento em escala nacional, é utilizada como base para esta seção.

Esta rede de monitoramento utiliza-se da base legal existente, e apoia-se na proposta técnica do Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), da CPRM, fazendo com que se utilize dos seguintes instrumentos legais.

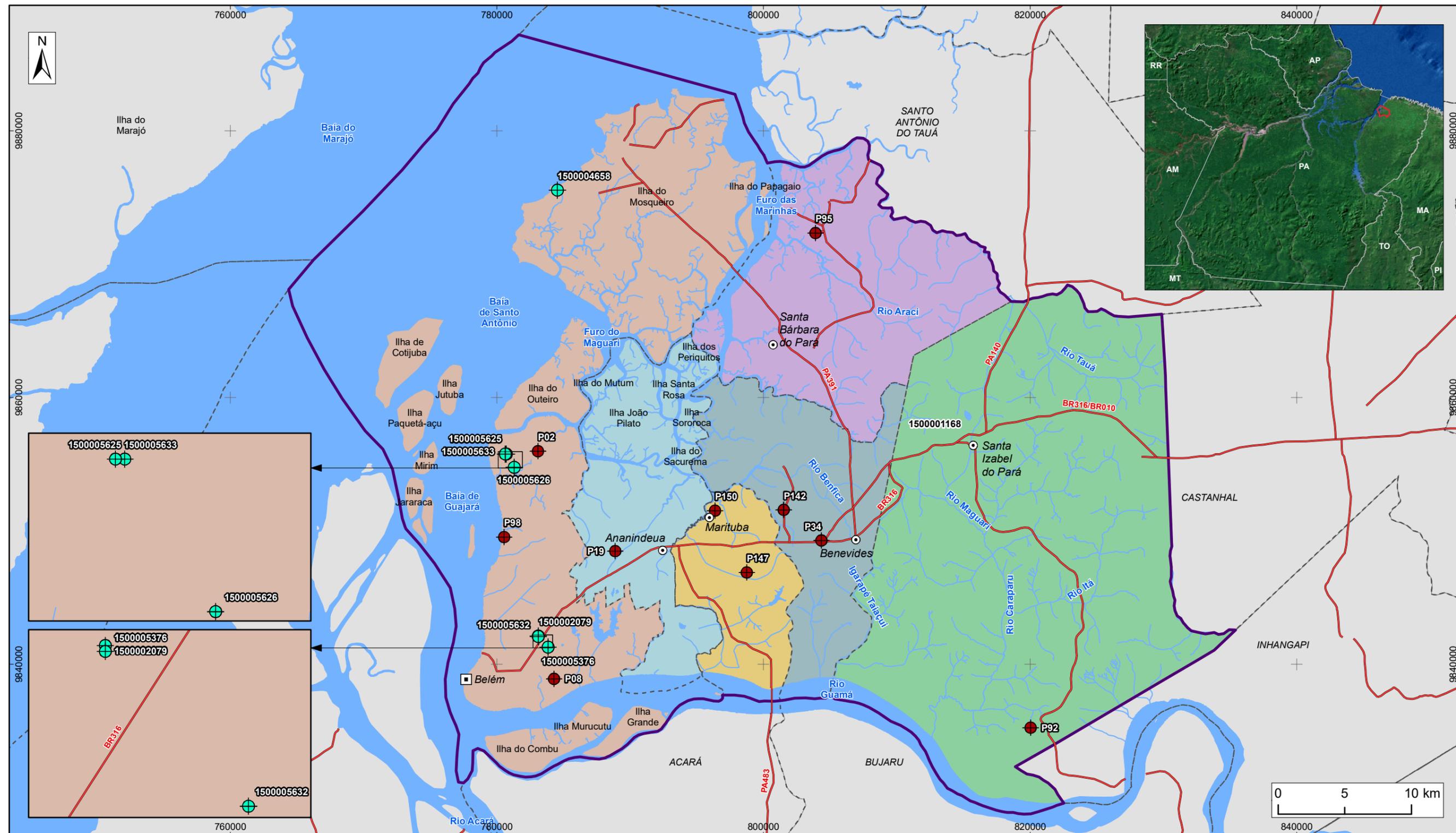
- Lei 9433/97: institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, na qual o monitoramento não é tratado de forma expressa, mas sua aplicação é condição básica para a efetividade dos instrumentos e alcance dos objetivos traçados
- Resolução nº 22/2002 do CNRH: cita o monitoramento como parte integrante dos planos de recursos hídricos, tanto no que diz respeito à proposta de rede quanto ao plano de monitoramento.
- Resolução 396/2008 do CONAMA: ao estabelecer as bases para classificação das águas subterrâneas, dispõe que os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade.

No âmbito do PNAS, são previstos, dentre as diretrizes estabelecidas, a concepção, o planejamento, a proposição e a aplicação de rede básica de monitoramento quali-quantitativo de águas subterrâneas, em estreita articulação com os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos e companhias de saneamento.

Portanto, para essa sugestão de rede considerou-se um cruzamento entre as condições hidrogeológicas obtidas junto aos poços envolvidos na análise físico-química, uso e ocupação dos terrenos, em associação ao mapeamento de fontes potenciais de contaminação, as demandas hídricas atuais e futuras e as necessidades específicas dos diversos usuários.

Dentre os 150 poços escolhidos para a rede de amostragem de águas subterrâneas, foram selecionados 10 para integrar a rede de monitoramento quali-quantitativa da área de estudo (Figura 24). A seleção desses poços é apresentada no Quadro 8, e foi balizada pelos seguintes critérios:

- Conhecimento das características construtivas e hidrogeológicas;
- Existência de cimentação e laje de proteção sanitária;
- Anuência do proprietário para inserção da captação na rede de monitoramento;
- Que amostram tanto parâmetros como todas as diferentes características hidrogeológicas identificadas nos intervalos aquíferos ocorrentes na área de estudo.



LEGENDA

- ▣ Capital Estadual
- ⊙ Sede Municipal
- ⊕ Poços RIMAS
- Pontos - Proposta do plano de monitoramento
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☪ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- - - Limite municipal

Figura 24 – Localização dos poços indicados para a rede de monitoramento quali-quantitativa da área estudada



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Pontos - Plano de monitoramento: ANA/Profill

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_24_Pontos_Plano_Monitoramento_A3
Escala:	1:290.000

Quadro 8 – Poços eleitos para a rede de monitoramento.

Id	Id Coleta	Município	Aquífero	Proprietário	UTM X	UTM Y	Prof. (m)	Conc. (mg/L)
P19	P19	Ananindeua	Barreiras	Supermercado Formosa	788869	9848493	30	NO3 = 35
P34	CA34/P34	Benevides	Barreiras	SAAE Benevides	804350	9849285	36	NO3 = 28; Fe = 0,6
P92	CA-092	Sta Izabel	Barreiras	SAAE	820047	9835246	24	NO3 = 11
P95	CA-095	Sta Barbara	Barreiras	Sr "Amoti"	803912	9872348	40	NO3 = 10
P142	CA-142	Benevides	Barreiras	SAAEB	801526	9851575	40	NO3 = 22
P08	P08	Belém	Pirabas Inferior	COSANPA	784292	9838921	252	Mn = 0,15; Fe = 1,03
P98	CA-098	Belém	Pirabas Inferior	AMASA	780543	9849539	180	Mn = 0,25; Fe = 1,91
P02	P02	Belém	Pirabas Superior	Indaiá	783089	9855993	92	NO3 = 29; NH4 = 1,89
P147	CA-147	Marituba	Pirabas Superior	COSANPA	798759	9846893	130	Fe=0,32
P150	CA-150	Marituba	Pós- Barreiras	Ademir Vasconcelos	796378	9851523	12	NO3 = 85

Além da rede proposta, cabe destacar os poços RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas da CPRM) existentes na área de estudo (Quadro 9).

Quadro 9 – Poços RIMAS localizados na área de estudo.

Ponto	Município	Formação	Condição	Proprietário	UTM X	UTM Y	Prof. (m)
1500002079	Belém	Formação Pirabas	Confinado	COSANPA 5º SETOR - PENTÁGONO	783110	9842122	270
1500004658	Belém	Formação Pirabas	Confinado	COSANPA - MURUBIRA	784535	9875559	264
1500005376	Belém	Formação Pirabas	Livre	COSANPA 5º SETOR - FEMAC	783110	9842092	188
1500005625	Belém	Formação Pirabas	Confinado	SAAEB - ICO - SOUZA FRANCO -CPRM	780711	9855770	252
1500005626	Belém	Formação Pirabas	Semi-Confinado	SAAEB- ICO-PARACURI - II	781298	9854786	280
1500005632	Belém	Formação Barreiras	Livre	P10_ CPRM_ BEL/BELÉM	783850	9841292	100
1500005633	Belém	NI	NI	SAAEB_ ICO_FUNASA	780650	9855770	NI

Fonte: SIAGAS (CPRM, 2018). NI = Não Informado

13.3.2 Plano de monitoramento das águas subterrâneas

Os registros de nível de água em poços são influenciados por vários fatores. Todd (1959) cita variações no armazenamento do aquífero em função da retirada de água; efeito da interferência do bombeamento entre poços; evapotranspiração em aquíferos rasos; variações na recarga dependentes das precipitações pluviométricas, sazonalidade, variações de pressão atmosférica, etc.

As variações de nível de água do aquífero pelo efeito dos ciclos sazonais de recarga por chuvas e descarga por fluxo natural seguem um padrão bem definido, com

elevação gradual no período chuvoso e decréscimo no período de estiagem. A amplitude dos ciclos anuais varia em função das condições atmosféricas e define uma tendência dos ciclos definidos como seculares, que abrangem períodos de alguns anos (Figura 25).

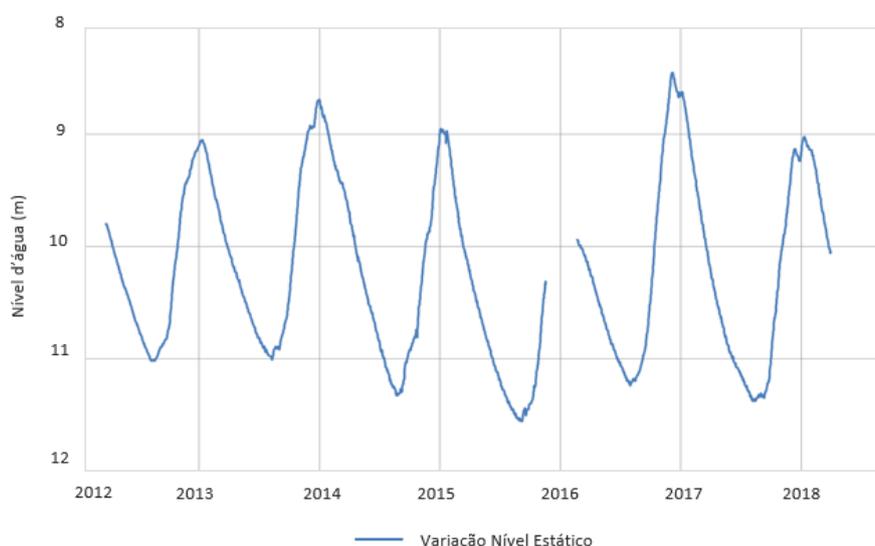


Figura 25 – Ciclos sazonais de recarga e descarga do Sistema Aquífero Barreiras (poço 1500005632 – RIMAS/CPRM) em Belém.

A retirada de água do armazenamento do aquífero em vazão superior à vazão máxima de exploração recomendada produz descensos contínuos do nível de água. Nessa situação, o nível de água nunca mais retorna à sua condição original e pode sugerir depleção do aquífero. Níveis de água estabilizados indicam condições de equilíbrio do aquífero, ou seja, a recarga está igualada à descarga.

Interferências com outros poços em bombeamento causam oscilações de nível irregulares, sem uma tendência definida. Poços que monitoram zonas com grande densidade de captações sofrem efeitos de interferência e sinalizam áreas com decréscimo no armazenamento.

No monitoramento quantitativo deve-se definir os objetivos que deverão ser alcançados, de modo a subsidiar a gestão dos recursos hídricos. Por exemplo, monitoramento de poços produtores têm os níveis estáticos afetados pelas condições de bombeamento, como vazão extraída e período de operação/descanso (regime de bombeamento). Assim, não são os sistemas mais adequados para monitorar variações de armazenamento. Mas podem indicar futuras áreas de restrição de usos, em razão da grande densidade de poços e da perda de armazenamento por retirada excessiva.

Por outro lado, poços utilizados exclusivamente para monitoramento de níveis fornecem dados mais precisos sobre o comportamento do nível de água e são indicados para avaliar as variações de armazenamento dos aquíferos ao longo do tempo.

O plano de monitoramento quantitativo elaborado neste estudo prevê a instalação de equipamentos automatizados de medição de níveis, de condutividade elétrica e de temperatura das águas subterrâneas. Atualmente, há no mercado um número grande de fabricantes de sensores hidrostáticos com correção barométrica, acoplados a registradores de condutividade elétrica e de temperatura.

Os sensores hidrostáticos são dimensionados em função da profundidade de colocação no poço e da amplitude de variação de pressão a que estarão submetidos. A precisão dos sensores varia entre 0,5% a 0,25%, de modo que quanto maior a amplitude de pressão, menor a precisão da medida. Em poços de bombeamento, onde as variações de nível de água são maiores, o sensor terá maior amplitude de pressão e menor precisão.

Outro aspecto importante refere-se ao diâmetro do sensor. Como os sensores são instalados por dentro de um tubo auxiliar preso lateralmente ao equipamento de bombeamento, deve-se selecionar um sensor que passe através do tubo auxiliar.

Considerando-se que os sensores hidrostáticos são dispositivos eletrônicos programáveis, a frequência das medições pode ser estabelecida a intervalos curtos de tempo, de modo a registrar variações rápidas. Assim, recomenda-se programar o sensor para registro de níveis a cada 5 min.

A transmissão dos registros de nível de água, condutividade elétrica e temperatura da sonda para uma central de controle pode ser feita por telemetria a partir do armazenamento dos dados em *datalogger*, de modo que o usuário do sistema tenha acesso *online*. Outra opção, é fazer baixar os dados do *datalogger* com auxílio de um notebook.

O monitoramento de qualidade, por sua vez, segue uma metodologia distinta, dado que não pode contar com o auxílio de sensores automáticos. Conforme observa-se na proposta técnica do projeto RIMAS, segundo o *European Communities (2007)*, os parâmetros recomendados para programas nacionais e regionais de caráter quantitativo para monitoramento em poços envolvidos principalmente com o abastecimento humano é o nível d'água. A inclusão de outros parâmetros auxilia na interpretação dos resultados e permite uma melhor caracterização dos aquíferos e a avaliação integrada com as águas superficiais.

Dentre eles, destacam-se parâmetros químicos e indicadores de intrusão salina; pluviometria e demais componentes exigidas para o cálculo da evapotranspiração; e exploração da água subterrânea (e recarga artificial).

A frequência estabelecida deve permitir identificar as variações de curto e longo termo. No monitoramento quantitativo é postulado que a frequência mensal é adequada para aquíferos que mostram baixa variabilidade dos parâmetros considerados, tal como observa-se na área de estudo, entretanto há uma recomendação de monitoramento diário.

Já os programas locais de monitoramento, que visam à identificação de fontes ou atividades potenciais de degradação qualitativa e quantitativa das águas subterrâneas, além da observação e controle do avanço de plumas de contaminação bem como avaliação dos efeitos de medidas de remediação, são mais independentes, tendo suas variáveis e parâmetros selecionadas de acordo com as especificidades locais, que podem estar relacionadas aos tipos de contaminantes identificados, nos locais onde esses contaminantes ocorrem, e/ou nas profundidades em que se pretende proceder com a investigação. A frequência sugerida é também variável, levando-se em consideração a dinâmica do fluxo subterrâneo e as características do entorno que levaram à sua seleção, sejam elas oriundas das atividades que produzem alterações na água subterrânea, sejam relacionadas às próprias substâncias contaminantes identificadas.

Assim, seguindo os pressupostos encontrados na resolução CONAMA 396/2008, deverão ser avaliados os seguintes parâmetros, considerados mínimos: sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes, pH, turbidez e condutividade elétrica. Além destes, recomenda-se incluir os parâmetros ferro, amônia, cloreto e sulfato, uma vez que os últimos três compostos químicos são bons indicadores de contaminação antrópica. Recomenda-se o monitoramento mensal dos parâmetros acima listados.

Anualmente, recomenda-se análise completa com os parâmetros indicados na Portaria MS nº 2.914/2011, revogada pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 (Anexo XX) que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Quadro 10).

Cabe salientar que a situação ideal envolveria a construção de poços com finalidade exclusivamente direcionada para o monitoramento hidroquímico e de níveis de água dos aquíferos; situação da qual o órgão gestor e recursos hídricos do Pará poderá firmar parceria com o Serviço Geológico do Brasil para consolidação.

Quadro 10 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (Portaria de Consolidação nº 05/2017 – Anexo 7 do Anexo XX).

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde							
INORGÂNICAS				AGROTÓXICOS			
Parâmetro	CAS	Unidade	VMP	Parâmetro	CAS	Unidade	VMP
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005	Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01	Atrazina	1912-24-9	µg/L	2
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7	Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35-2 (benomil)	µg/L	120
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005	Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01	Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07	Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifós-oxon)	µg/L	30
Cobre	7440-50-8	mg/L	2	DDT+DDD+DDE	p, p'-DDT (50-29-3) p, p'-DDD (72-54-8) p, p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05	Diuron	330-54-1	µg/L	90
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5	Endossulfan (α β e sais) (3)	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001	Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07	Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10	Lindano (gama HCH) (4)	58-89-9	µg/L	2
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1	Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01	Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03	Metolacoloro	51218-45-2	µg/L	10
ORGÂNICAS				DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO (5)			
Acetilamida	79-06-1	µg/L	0,5	Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Benzeno	71-43-2	µg/L	5	Parationa Metilica	298-00-0	µg/L	9
Benzolalpireno	50-32-8	µg/L	0,7	Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	2	Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	10	Profenofós	41198-08-7	µg/L	60
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/L	30	Simazina	122-34-9	µg/L	2
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	µg/L	50	Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20	Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Di (2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8	Trifluralina	2217-04-13	µg/L	20
Estireno	100-42-5	µg/L	20	AGROTÓXICOS			
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9	2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D)93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/L	4	Alaclor	15972-60-8	µg/L	20
Tetracloroetano	127-18-4	µg/L	40	Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbessulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1) 1,3,5-TCB (108-70-3) 1,2,3-TCB (87-61-6)	µg/L	20	Ácidos haloacéticos total	(6)	mg/L	0,08
Tricloroetano	79-01-6	µg/L	20	Bromato	15541-45-4	mg/L	001
AGROTÓXICOS				Clorito	7758-19-2	mg/L	1
2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D)93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30	Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Alaclor	15972-60-8	µg/L	20	Cloraminas Total	0599-903	mg/L	4,0
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbessulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10	2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
Ácidos haloacéticos total	(6)	mg/L	0,08	Trihalometanos Total	(7)	mg/L	0,1
Bromato	15541-45-4	mg/L	001				
Clorito	7758-19-2	mg/L	1				
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5				
Cloraminas Total	0599-903	mg/L	4,0				
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2				
Trihalometanos Total	(7)	mg/L	0,1				

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo *Chemical Abstract Service*.

(2) VMP = Valor Máximo Permitido.

(3) Somatório dos isômeros alfa, beta e os sais de endossulfan, como exemplo o sulfato de endossulfan.

(4) Esse parâmetro é usualmente e equivocadamente conhecido como BHC.

(5) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

(6) Ácidos haloacéticos: Ácido monocloroacético (MCAA) - CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) - CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) - CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 - dicloropropiônico (DALAPON) - CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) - CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) - CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) - CAS = 631-64-1, e Ácido bromodicloroacético (BDCAA) - CAS = 7113-314-7.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodiclorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-2

13.4 COMPONENTE 4: PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO

13.4.1 Indicação de Áreas de Proteção da Zona de Recarga dos Aquíferos

As áreas de recarga dos aquíferos normalmente compreendem porções mais elevadas do terreno, nas quais ocorrem os processos de infiltração direta por águas de precipitações atmosféricas.

A área de estudo está localizada numa região seccionada por grande quantidade de cursos de água superficiais, dentre os quais destacam-se o Maguari, Aurá, Guamá, Tocantins, Murubira e Pratiquera. A área também apresenta grande número de lagos e lagoas formadas por águas de chuvas e afloramento de águas subterrâneas, em depressões do terreno.

A grande quantidade de feições hídricas superficiais, a topografia relativamente plana, as altitudes dos terrenos próximas do nível de base dos rios e a pequena profundidade do nível de água subterrânea indicam que a maior parte da região estudada desempenha função de área de descarga dos aquíferos livres superficiais, reunidos na porção superior o Sistema Aquífero Barreiras. Pode-se comparar a área de estudo às *wetlands*, definidas como terrenos permanentemente ou sazonalmente saturados por água. Do ponto de vista hidrogeológico, praticamente toda a área estudada representa uma grande zona de descarga de águas subterrâneas.

Em termos práticos, propôs-se distinguir áreas de recarga de áreas de descarga com base na profundidade do nível de água do terreno. Para tanto, o critério utilizado foi considerar profundidades máximas do nível de água de 5 m para delimitar as áreas de descarga e profundidades maiores do que 5 m para delimitar as áreas de recarga.

Por se tratar de uma região, no geral, bastante plana, a utilização do critério de profundidade do nível de água permitiu classificar uma superfície de apenas 322 km², correspondente a 17% da área total de estudo, como área de recarga dos aquíferos.

A maior parte das áreas classificadas como de recarga neste estudo localizam-se na porção leste da região, no Município de Santa Izabel do Pará, em regiões de vulnerabilidade relativamente menor do que as regiões circunvizinhas. Não representam grandes áreas contínuas, mas sim, áreas de interflúvios (áreas compreendidas entre dois talwegues) interrompidas.

De acordo com o mapa de uso do solo, apenas 1.365 km² dos municípios estudados são cobertos por remanescentes de vegetação nativa, ou seja, por florestas ombrófilas (áreas naturais) e capoeiras (vegetação secundária), nas quais a permeabilidade primitiva do terreno encontra-se ainda preservada. O restante da região já sofreu transformações ambientais em decorrência das atividades humanas e a permeabilidade natural dos terrenos foi reduzida.

O cruzamento do mapa de áreas de recarga com as áreas de cobertura de florestas ombrófilas e capoeiras identificadas no mapa de uso do solo distinguiu uma série de pequenas porções naturais de terra, com área total de 218 km² (Quadro 11). Essas porções de terra de dimensões individuais bastante reduzidas são reconhecidamente extensões potenciais para utilização como áreas de proteção de aquíferos, pois reúnem características ambientais favoráveis à infiltração de água de precipitações atmosféricas.

Quadro 11 – Áreas de recarga dos aquíferos com remanescentes da vegetação natural

Município	Vegetação	Área (km ²)	Área Total (km ²)
Ananindeua	Capoeira	0,02	0,38
	Floresta Ombrófila Densa	0,36	
Belém	Capoeira	0,54	14,05
	Floresta Ombrófila Densa	13,50	
Benevides	Capoeira	6,65	34,54
	Floresta Ombrófila Densa	27,89	
Marituba	Capoeira	1,06	6,86
	Floresta Ombrófila Densa	5,81	
Santa Bárbara do Pará	Capoeira	1,21	35,60
	Floresta Ombrófila Densa	34,39	
Santa Izabel do Pará	Capoeira	14,41	127,45
	Floresta Ombrófila Densa	113,05	
Total			218,87

À despeito das características favoráveis dessas áreas, boa parte delas encontra-se sob influência de fontes potenciais de contaminação, delimitadas no mapa de perigo de contaminação.

Descartando-se aquelas sob influência de fontes potenciais de contaminação, restam ainda inúmeras áreas com excelente potencial para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos, que poderiam ser transformadas em reservas naturais, parques ou espaços ecológicos municipais. A Figura 27 mostra a distribuição espacial dessas áreas e o Quadro 12 quantifica essas áreas separadamente por município estudado.

Quadro 12 – Áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos

Município	Vegetação	Área (km ²)	Área Total (km ²)
Ananindeua	Capoeira	0,00	0,22
	Floresta Ombrófila Densa	0,22	
Belém	Capoeira	0,54	13,10
	Floresta Ombrófila Densa	12,56	
Benevides	Capoeira	1,24	17,22
	Floresta Ombrófila Densa	15,98	
Marituba	Capoeira	0,67	4,90
	Floresta Ombrófila Densa	4,23	
Santa Bárbara do Pará	Capoeira	1,20	34,73
	Floresta Ombrófila Densa	33,52	
Santa Izabel do Pará	Capoeira	10,55	117,93
	Floresta Ombrófila Densa	107,38	
Total			188,10

A Figura 26 apresenta um esquema metodológico dos cruzamentos efetuados para a elaboração do mapa de áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos.

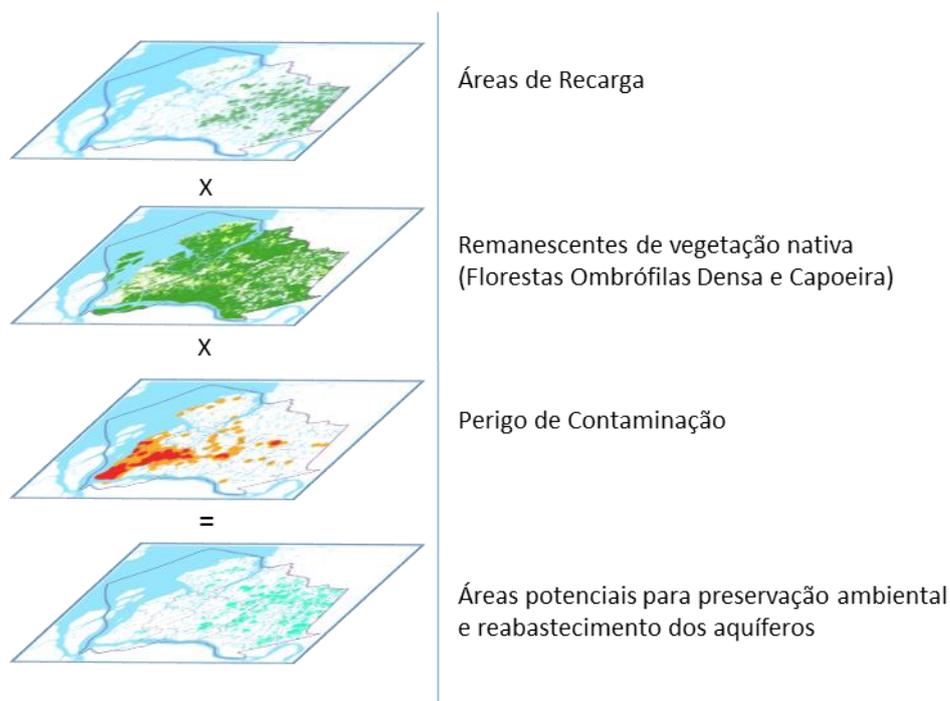
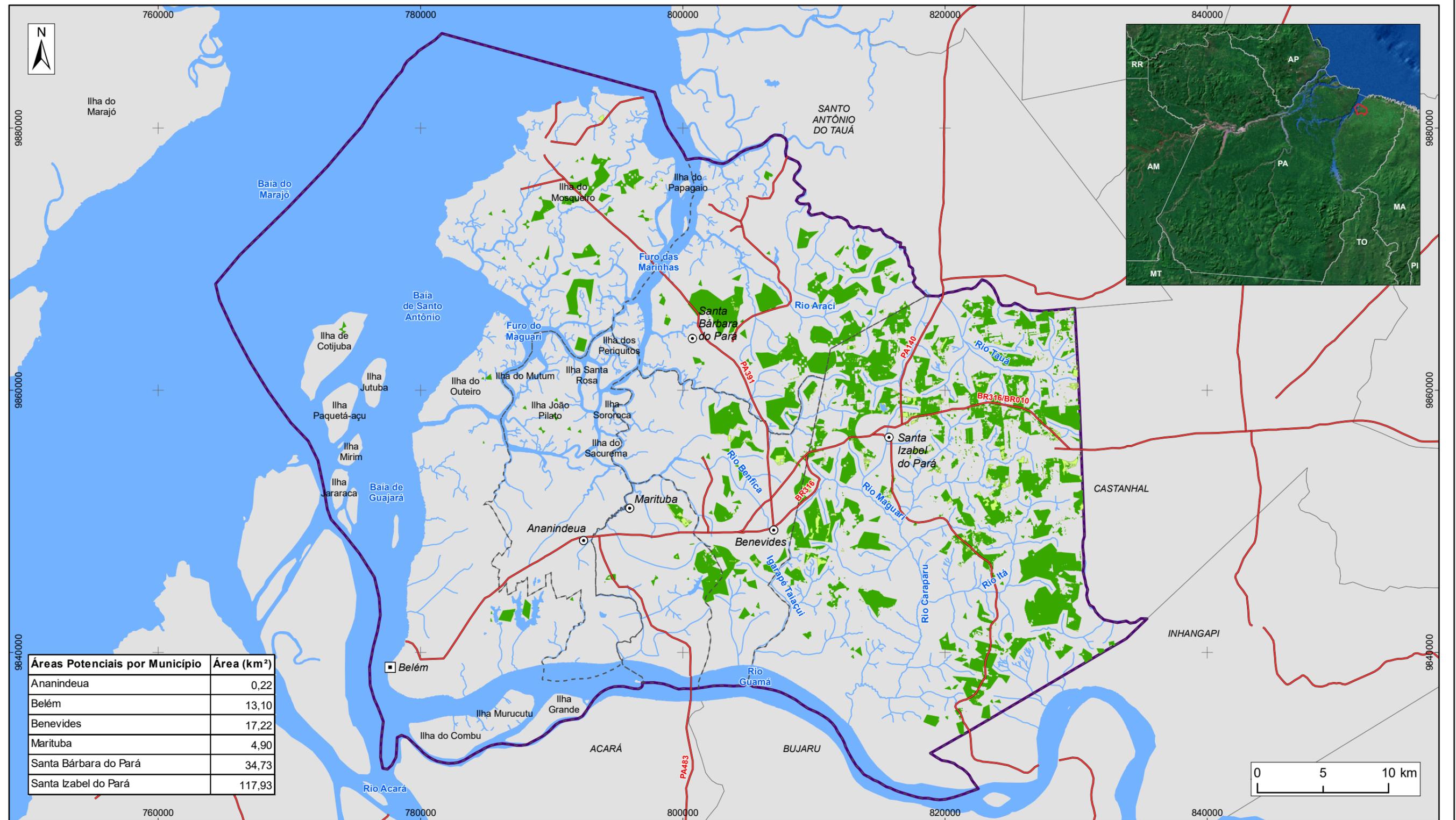


Figura 26 – Esquema metodológico adotado para definição das áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos.



LEGENDA

- ▣ Capital Estadual
- ⊙ Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☁ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- ⋯ Limite municipal
- Áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos**
- ☀ Capoeira
- 🌳 Floresta Ombrófila Densa

Figura 27 – Áreas potenciais para preservação ambiental e reabastecimento dos aquíferos



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: adaptado de SEMAS/PA. Áreas florestadas x Áreas de recarga: ANA/Profil

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_27_Areas_recarga_floresta_risco_A3
Escala:	1:290.000

13.4.2 Indicação de Áreas de Restrição e Controle

Áreas de restrição e controle são definidas como aquelas nas quais existe a necessidade de disciplinar as atividades que possam causar alterações ou efeitos negativos sobre a quantidade ou qualidade das águas subterrâneas. A delimitação das áreas de restrição e controle é feita com base em estudos hidrogeológicos, que apontam ou não a necessidade de aplicação de ações corretivas ou preventivas.

Não há regulamentação sobre áreas de restrição e controle das águas subterrâneas aprovadas pelo CNRH (nível nacional) ou CERH-PA (nível estadual). Como exemplo de regulamentação existente, tem-se a Deliberação CRH nº 52, de 15 abril de 2005, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento de São Paulo. Essa Deliberação classifica as áreas de restrição e controle de captação e uso das águas subterrâneas em:

- Áreas Potenciais de Restrição e Controle (ARC-PO), que são aquelas onde a densidade de poços tubulares e o volume de água extraído, indicam superexploração ou aquelas onde estão sendo ou foram desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras de solo e águas subterrâneas;
- Áreas Prováveis de Restrição e Controle (ARC-PR), que são aquelas onde são observados indícios de superexploração e interferência entre poços ou apresentam indícios de contaminação no solo e águas subterrâneas;
- Áreas Confirmadas de Restrição e Controle (ARC-CO), que são aquelas onde foi constatada a superexploração ou a contaminação das águas subterrâneas.

Em termos práticos, a identificação de áreas de restrição e controle é baseada em indicadores de disponibilidade e de qualidade da água subterrânea. Os indicadores de disponibilidade utilizados referem-se à relação entre a quantidade de água disponível para uso e a quantidade de água captada pelos poços. Indiretamente, monitoramento de níveis de água podem alertar para problemas de depleção do aquífero, os quais afetam as disponibilidades hídricas. Já, os indicadores de qualidade da água subterrânea, como por exemplo nitrato, cloreto, sólidos totais dissolvidos, elementos de elevada toxicidade como arsênio, chumbo, organoclorados além de microorganismos patológicos, entre outros, alertam para a presença de fontes de contaminação associadas ao uso e ocupação do solo.

Os resultados deste estudo mostram que os aquíferos superficiais, em especial as porções superiores do Barreiras, mostram elevado perigo de contaminação em decorrência da intensa urbanização e das atividades econômicas associadas. Análises físico-químicas de amostras de água de alguns poços que captam água do Barreiras apresentaram problemas de qualidade que acusaram concentrações de nitrato ou chumbo, acima do permitido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (revogada pela Portaria de Consolidação nº 05/2017). Contudo, as contaminações constatadas foram pontuais.

Concentrações elevadas de elementos como ferro e manganês foram constatadas nas análises de amostras de água dos poços. Teores de ferro acima do permitido pela legislação (0,3 mg/L) foram observados em 26% das amostras, principalmente, em poços que exploram os aquíferos Barreiras e Pirabas Inferior. Concentrações de manganês ultrapassaram os limites definidos pela Portaria MS nº 2.914/2011 (0,1 mg/L) em 21% das amostras, coletadas principalmente no Aquífero Pirabas. As concentrações anômalas desses elementos podem ter causas naturais, não caracterizando situações de contaminação antrópica.

Os indicadores de disponibilidade de água, por sua vez, mostram que os sistemas aquíferos da região de Belém se encontram em estágio de desenvolvimento equilibrado, no qual a extração de água subterrânea para suprimento das atividades antrópicas induz a um reequilíbrio do sistema aquífero frente às novas condições, as quais são compensadas por incremento na recarga natural ou recarga induzida, e diminuição da descarga natural. Não existem evidências comprovadas de rebaixamento de níveis de água e diminuição do armazenamento devido à superexploração.

Diante do exposto e com base nas informações disponíveis de recarga, quantidade de água extraída por poços e qualidade química das águas dos aquíferos, admite-se que áreas com perigo de contaminação considerado alto, conforme delimitadas neste estudo, requerem atenção especial no tocante à gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Essas áreas foram transformadas em Unidades de Gestão Especiais, apresentadas no item 13.1.1, nas quais espera-se um controle maior nas análises dos pedidos de outorga, exigência de monitoramento de nível e análises químicas nos poços tubulares com extrações acima de 200 m³/dia, campanhas de regularização das outorgas e adequação dos poços às normas construtivas vigentes e exigência da implementação da restrição de uso nos perímetros de proteção dos poços para abastecimento público.

13.5 COMPONENTE 5: INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS

13.5.1 Diretrizes para o setor de infraestrutura e saneamento

A carência na infraestrutura de saneamento básico, a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos e industriais e os tanques de combustíveis sem manutenção são as principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas da região de Belém. A seguir são realizadas algumas considerações, principalmente sobre o setor de infraestrutura e saneamento básico.

A cobertura de coleta e tratamento de esgoto nos municípios da região de Belém é muito baixa ou até mesmo inexistente. Belém é o único município que trata parte dos esgotos coletados. Nos demais municípios, uma pequena parcela do esgoto é coletada, mas nenhuma parte é tratada. Devido à precariedade na infraestrutura de saneamento básico é comum na região a população dispor de soluções individuais *in situ* como fossas sépticas, filtros biológicos e sumidouros para o destino final dos esgotos domésticos. Nos bairros de baixa renda, há ainda situações em que os esgotos são destinados à fossas rudimentares, rede de drenagem, valas ou lançados diretamente nos corpos hídricos superficiais ou no solo.

Essa prática, realizada durante anos, concentradas em uma mesma região, representa um contínuo aporte de contaminantes aos aquíferos e pode comprometer a qualidade da água, principalmente dos aquíferos livres. A contaminação dos aquíferos livres é preocupante, pois é comum na região a população se utilizar de poços rasos para consumo humano. Esses poços normalmente não apresentam qualquer tipo de proteção sanitária e, uma vez que as águas subterrâneas captadas nesses poços sejam contaminadas, podem elevar os índices de doenças de veiculação hídrica.

Até alguns anos, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas dos solos e das rochas. Entretanto, estudos recentes que avaliaram a qualidade físico-química e bacteriológica da água do Sistema Aquífero Barreiras na Região Metropolitana de Belém – RMB, passaram a detectar traços da presença de contaminantes nas águas subterrâneas. Dentre outros estudos, o de Matta (2002) demonstrou, através de análises bacteriológicas, que cerca de 77% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais e em 26% das amostras existia a presença da bactéria *Escherichia coli*. Além disso, em cerca de 27% dos poços foram detectados altos teores de nitrato.

No presente estudo foram realizadas duas campanhas de amostragem, com o objetivo de realizar uma caracterização hidroquímica e avaliar a qualidade das águas que circulam nos sistemas aquíferos da região de Belém. A rede de amostragem compreendeu pontos de coleta de águas subterrâneas de poços tubulares que exploram os Sistemas Aquíferos Barreiras e Pirabas, totalizando 150 pontos de coleta.

Na avaliação realizada foi possível ratificar a existência de contaminação das águas subterrâneas por nitrato em alguns pontos de coleta. Foram detectados valores de nitrato acima do limite permitido pela Portaria MS nº 2.914/2011 (revogada pela Portaria de Consolidação nº 05/2017) nas amostras de nove poços, todos localizados no Sistema Aquífero Barreiras. Nessas amostras também apareceram teores elevados de cloreto, provavelmente relacionados à contaminação antrópica, pois os poços estão localizados em áreas urbanas, em locais com grande concentração populacional sem serviço de coleta do esgoto doméstico. Apenas um poço está localizado em área rural, próximo a estufas para produção de hortifrúteis.

Avalia-se, portanto, que o principal fator gerador dessa contaminação é o baixo nível de atendimento aos preceitos fundamentais do saneamento básico, principalmente relacionado ao esgotamento sanitário, mas também com contribuição da drenagem urbana.

Adicionalmente, é importante destacar que as águas subterrâneas se configuram como importante manancial para abastecimento, seja público ou privado. Nos municípios de Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, 100% do abastecimento público é realizado a partir de poços tubulares. Dessa forma, se faz necessário proteger e conservar a qualidade das águas subterrâneas da região.

Em contribuição ao discutido anteriormente, para a proteção e conservação da qualidade das águas subterrâneas, se faz necessária a implantação e ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário e o estabelecimento de metas de cumprimento aos fundamentos do saneamento básico, conforme diretrizes estabelecidas na Lei nº 11.445/2007.

A implantação ou ampliação dos sistemas devem ocorrer de forma prioritária em bairros de ocupação urbana consolidada, populosos, com elevada carga contaminante e onde o Sistema Aquífero Barreiras é mais vulnerável à contaminação. Em localidades de baixo adensamento populacional, pode-se proceder a campanhas de educação ambiental quanto a práticas sanitárias *in situ* seguras, como por exemplo, sistemas com tanques sépticos e filtros biológicos, dimensionados obedecendo os critérios técnicos de engenharia.

O sucesso da ampliação da cobertura dos serviços de esgoto, passa, primeiramente por um planejamento adequado, realizado através dos Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB. Conforme já comentado, Belém é o único município que possui PMSB, aprovado em 2014, mas que carece de atualização em 2018. O Art 19º Lei nº 11.445/2007 prevê a revisão periódica dos PMSB, em prazo não superior a 4 (quatro) anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual.

O PMSB deve abranger, no mínimo: (i) diagnóstico da situação do saneamento básico, para verificação das deficiências e necessidades detectadas através de indicadores; (ii) estudo de comprovação técnica financeira da prestação universal; (iii) designação da entidade regulatória e de fiscalização; (iv) estabelecimento de prognóstico e alternativas para universalização dos serviços, com definição de objetivos e metas de curto, médio e longo prazo, para um horizonte de planejamento de 20 anos; (v) definição de programas, projetos e ações para emergência e contingência; e (vi) mecanismos e procedimentos de avaliação sistemática. O PMSB deve ser compatível com os demais instrumentos de planejamento setoriais e governamentais existentes, dentre eles o presente estudo.

Atualmente, o Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab, previsto na Lei nº 11.445/2007, aprovado pela Portaria Interministerial nº 571 de 05/12/13, estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico para o País. Para a Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, nos próximos 20 anos (2014-2033), o Plano prevê atingir 81% de domicílios servidos por esgotamento sanitário. Em relação ao índice de cobertura com coleta e tratamento dos esgotos domésticos, na região norte do Brasil, a meta é que 94% do esgoto coletado seja tratado até 2033. É necessário, portanto, que as metas estabelecidas nos PMSB sejam compatíveis com as metas do Plansab.

Em Belém, o PMSB (PMB, 2014) previa universalizar os serviços de esgoto até 2033. A meta de curto prazo era alcançar 40% de domicílios urbanos com serviços de esgotamento sanitário até 2018. Segundo o Atlas de Esgotos (ANA, 2017), o índice de cobertura com coleta e tratamento de esgoto de Belém, em 2015, era de apenas 10,7%.

Dessa forma, visando minimizar os impactos da disposição inadequada dos esgotos domésticos no solo e a consequente contaminação das águas subterrâneas da região de Belém, é de fundamental importância a ampliação dos sistemas de coleta e tratamento dos esgotos nas áreas urbanas densamente habitadas e a eliminação ou adequação das soluções individuais construídas fora dos padrões e normas técnicas brasileiras.

13.5.2 Alternativas de incremento de água para abastecimento público

Os municípios da área de estudo possuem atualmente índices de atendimento com abastecimento de água considerados baixos. Com exceção de Belém, cujo índice de atendimento é estimado em 97%, a maioria dos municípios apresentam índices de atendimento menores do que 60%, abaixo da média nacional (83,3%), fazendo-se necessário estabelecer metas de curto, médio e longo prazos a serem cumpridos para a universalização do serviço, conforme diretrizes estabelecidas na Lei nº 11.445/2007.

Atualmente, o Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab, previsto na Lei nº 11.445/2007, aprovado pela Portaria Interministerial nº 571 de 05/12/13, prevê atingir 97% de domicílios totais abastecidos por água na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, nos próximos 20 anos (2014-2033). Em relação ao índice de perdas na distribuição de água, a meta do Plano para a região Norte do Brasil é alcançar o índice de 33% até 2033. É necessário, portanto, que sejam elaborados os PMSB dos municípios da região de Belém e que as metas estabelecidas nos PMSB sejam compatíveis com as metas do Plansab e com os demais instrumentos de planejamento setoriais e governamentais existentes, dentre eles o presente estudo.

Em Belém, o PMSB (PMB, 2014) prevê universalizar os serviços de água até 2033. A meta de curto prazo, era alcançar 80% de domicílios urbanos com serviços de água até 2018. Conforme dados do SNIS (2015), a meta de curto prazo foi alcançada já em 2015, quando a população urbana atendida com abastecimento público chegou a 92%.

O maior sistema produtor de água existente na região de estudo é o Bolonha, que abastece Belém e Ananindeua. Atualmente, porém, o sistema encontra-se operando abaixo da capacidade de projeto. A vazão produzida para distribuição é de 2,90 m³/s, sendo que o Sistema foi projetado para produzir até 8,30 m³/s. Dessa forma, sugere-se que seja avaliada a viabilidade técnica e econômica da revitalização e modernização desse Sistema, assim como a ampliação do sistema de adução para Belém, Ananindeua e Marituba (projeto previsto pela COSANPA) até a capacidade projetada.

Nos demais municípios, assim como em locais que não serão atendidos pelo Sistema Bolonha em Belém e Ananindeua, sugere-se que atuem com o planejamento apoiado no uso de água subterrânea. A solução mais apropriada seria a adoção de um sistema de abastecimento baseado em poços profundos, com extração

de água do aquífero Pirabas. Os resultados deste estudo em relação ao comportamento dos fluxos hídricos subterrâneos possibilitam a escolha de áreas mais favoráveis para a construção das obras de captação tanto no Sistema Aquífero Barreiras, como no Sistema Aquífero Pirabas.

Segundo Matta (2002), as águas do Sistema Aquífero Pirabas apresentam melhor qualidade físico-química que o Sistema Barreiras, pois sua profundidade associada a presença de espessas camadas argilosas tornam esse sistema pouco vulnerável às principais fontes de contaminação das áreas urbanas. Além disso, os resultados da primeira campanha de amostragem realizada no presente estudo demonstraram que as águas do aquífero Pirabas apresentam boa qualidade para o consumo humano.

As águas subterrâneas, com poços construídos adequadamente, na maioria das vezes dispensam tratamento, bastando apenas desinfecção com cloro e não geram resíduos sólidos, o que torna sua gestão menos onerosa. Como subsídio para a ampliação das captações subterrâneas, no ANEXO I (em meio digital) são apresentados projetos de poço padrão para exploração das águas subterrâneas específicos para cada Sistema Aquífero (Pirabas e Barreiras), assim como o perímetro mínimo que deve ser adotado para a proteção dos poços (área que restringe a ocupação por atividades potencialmente contaminantes no terreno que circunda a captação).

Em relação aos poços particulares, conforme determina o Art. 45º da Lei nº 11.445/2007, à medida que a rede pública de água vá sendo ampliada, os usuários privados devem deixar de utilizar água do poço particular para utilizar a água da rede pública, uma vez que nos poços particulares não há controle sobre os padrões de potabilidade, caracterizando um potencial problema de saúde pública.

Em relação às perdas, no âmbito dos PMSB, sugere-se ainda que seja criado um programa de controle de perdas reais (físicas) e aparentes (não-físicas). A redução de perdas reais diminui os custos de produção, pois propicia um menor consumo de energia, de produtos químicos e de outros insumos, utilizando as instalações existentes para ampliação da oferta, sem expansão do sistema produtor. No caso das perdas aparentes, sua redução permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador dos serviços (PMB, 2014).

Para o controle das perdas físicas devem estar previstas nos PMSB ações direcionadas para a eliminação das reais causas que dão origem às perdas, tais como: vazamentos em ramais prediais de má qualidade, pressões excessivas na rede, dentre outros aspectos. Para o controle das perdas aparentes, devem estar previstas ações de recadastramento dos consumidores, a instalação de hidrômetros em ligações não medidas e a substituição de hidrômetros antigos, quebrados ou violados.

O PMSB de Belém (PMB, 2014) já contempla entre suas ações a adoção de um Programa de Controle de Perdas pela companhia de saneamento. Segundo o PMSB, admitindo-se que um Programa de Controle de Perdas seja adotado e considerando as projeções das demandas para 2033, não haveria necessidade da ampliação do sistema produtor durante o período do plano. O presente estudo, em projeções realizadas e apresentadas no Volume II – Tomo II, ratifica as conclusões do PMSB de Belém (PMB, 2014). Os resultados do presente estudo indicam que se as perdas físicas no Município de Belém forem reduzidas para índices de 33% até 2037, e, a partir de 2022, não seriam mais necessárias ampliações do sistema produtor de água.

Por fim, recomenda-se envolver os grandes usuários de águas subterrâneas (saneamento, indústrias, shoppings, condomínios, hospitais, etc.), em um modelo de gestão participativa com o fornecimento de informações relevantes à gestão, principalmente com a apresentação de análises químicas periódicas e dos volumes explorados a partir de seus respectivos poços. Atualmente já é solicitado o monitoramento regular dos grandes usuários, sendo esta uma condicionante para a emissão da outorga, no entanto, esse procedimento ainda necessita de regulamentação.

A gestão participativa, bem como o acesso da população à informação de forma lúdica e didática, traz relevantes benefícios, tais como o estímulo à organização e participação na busca das soluções dos problemas vivenciados cotidianamente na gestão dos recursos hídricos, além de claramente adicionar o componente da mudança de atitudes e comportamentos, de maneira proativa, em favor de melhorias na qualidade de vida e reflexos positivos no meio ambiente (ANA, 2017).

13.5.3 *Perímetros de proteção de poços de abastecimento público*

Perímetros de proteção delimitam áreas no entorno dos poços com a finalidade de proteger as fontes de abastecimento de atividades antrópicas potencialmente contaminantes, as quais poderiam degradar a qualidade natural das águas subterrâneas e inviabilizar o uso pela população. Nessas áreas, as atividades potencialmente contaminantes podem ser restringidas ou mesmo proibidas, dependendo da avaliação do órgão ambiental gestor ou de recursos hídricos.

Não há regulamentação sobre perímetros de proteção de poços de abastecimento público aprovada pelo CNRH (nível nacional) ou CERH-PA (nível estadual). Como exemplo de regulamentação existente, tem-se no Estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 32.955, de 07/02/1991, que define dois perímetros de proteção de poços: Perímetro Imediato de Proteção Sanitária e Perímetro de Alerta (IRITANI & EZAKI, 2010).

O *Perímetro Imediato de Proteção Sanitária* foi definido por um raio de dez metros a partir do ponto de captação, cercado e protegido com telas, de modo a dificultar a entrada de animais, evitar a disposição de materiais poluentes no entorno e impedir a circulação de pessoas não autorizadas. O poço é dotado de laje de proteção sanitária de concreto armado envolvendo o tubo de revestimento, com declividade do centro para as bordas, espessura mínima de dez centímetros e área não inferior a três metros quadrados.

O *Perímetro de Alerta* compreende a área destinada à proteção contra a contaminantes não conservativos deslocados por fluxos advectivos, ou seja, contaminantes que se movem juntamente com a água nos interstícios do meio poroso. É definido pela distância a partir do ponto de captação, no sentido contrário ao fluxo, equivalente ao tempo de trânsito de cinquenta dias das águas no aquífero. No interior deste perímetro a extração de água deve ser disciplinada, as fontes poluentes já implantadas devem ser controladas e novas atividades potencialmente poluentes devem ser restringidas, a critério do órgão gestor.

A distância e o tempo de trânsito são os critérios mais comuns para o estabelecimento dos perímetros de proteção em diversos países desenvolvidos (Quadro 13). O perímetro delimitado pelos pontos com o mesmo tempo de trânsito é denominado isócrona. Nestes países, os perímetros de proteção mais próximos das captações compreendem raios fixos variando de 10 m a 50 m, ou isócronas de 50 dias a 60 dias. Já os perímetros de proteção mais distantes das captações podem englobar integralmente a zona de captura ou até 100 anos de isócrona.

Quadro 13 – Perímetros de proteção de poços utilizados em diferentes países

País	Perímetro de Proteção			
	Zona I	Zona II	Zona IIIA	Zona IIIB
Alemanha	Raio de 20 m	Tempo de trânsito de 50 dias	Distância de 2 km	Zona de Captura
França	Perímetro Imediato	Perímetro Próximo	Perímetro Afastado	
	10 a 20 m	1 a 10 hectares ou 50 dias de tempo de trânsito	0,2 a 15 km ou critério técnico	
Reino Unido	Zona I - Proteção Interior	Zona II - Proteção Exterior	Zona III - Captação Total	Zona de Proteção Especial
	50 m ou 50 dias de tempo de trânsito	25% da ZC ou 400 dias de tempo de trânsito	Zona de Captura	Área fora da ZC mas que pode transmitir contaminação ao poço
Holanda	Área de Captação	Área de Proteção I	Área de Proteção II	Área de Recarga
	50 ou 60 dias de tempo de trânsito	10 anos de tempo de trânsito	25 anos de tempo de trânsito	50 a 100 anos de tempo de trânsito
Itália	Zona de Proteção Absoluta	Zona de Respeito	Zona de Proteção	
	Mínimo de 10 m	Mínimo de 200 m	Zona de Captura e da Bacia	

Fonte: NAVARRETE & GARCÍA (2003) apud IRITANI & EZAKI (2010).

Neste estudo, recomenda-se a fixação de um raio de dez metros a partir do ponto de captação, conforme explanado e detalhado a pouco, para delimitação do *Perímetro Imediato de Proteção Sanitária* dos poços de abastecimento público. Esse perímetro também pode ser aplicado pelo órgão gestor a poços privados.

A delimitação do *Perímetro de Alerta* de poços de abastecimento público depende do nível de conhecimento sobre o aquífero explorado e da disponibilidade de dados hidrogeológicos. Os métodos que necessitam de poucas informações hidrogeológicas para sua aplicação são o do Raio Fixo Calculado (RFC) e o método de Wyssling. O método do RFC exige o conhecimento dos parâmetros vazão extraída, tempo de trânsito, porosidade efetiva e espessura saturada do aquífero; o método de Wyssling exige, além desses citados anteriormente, a estimativa da condutividade hidráulica e do gradiente hidráulico. Entre os dois métodos abordados, sem dúvida o RFC é o mais indicado pela facilidade de aplicação pelos órgãos gestores.

A equação que estima o raio do perímetro de proteção em função do tempo de trânsito do contaminante no aquífero, pelo método do RFC, é dada por:

$$R^2 = \frac{Qt}{\phi_e \cdot \pi \cdot h}$$

Onde: Q= vazão de produção (m³/d); t= tempo de trânsito (d); ϕ_e = porosidade efetiva (%) e h= espessura saturada do aquífero (m).

A equação do RFC é baseada na análise do balanço de água, assumindo-se que não exista fluxo natural de água (superfície piezométrica inicial é horizontal) e que o fluxo em direção ao poço bombeado é radial (Figura 28).

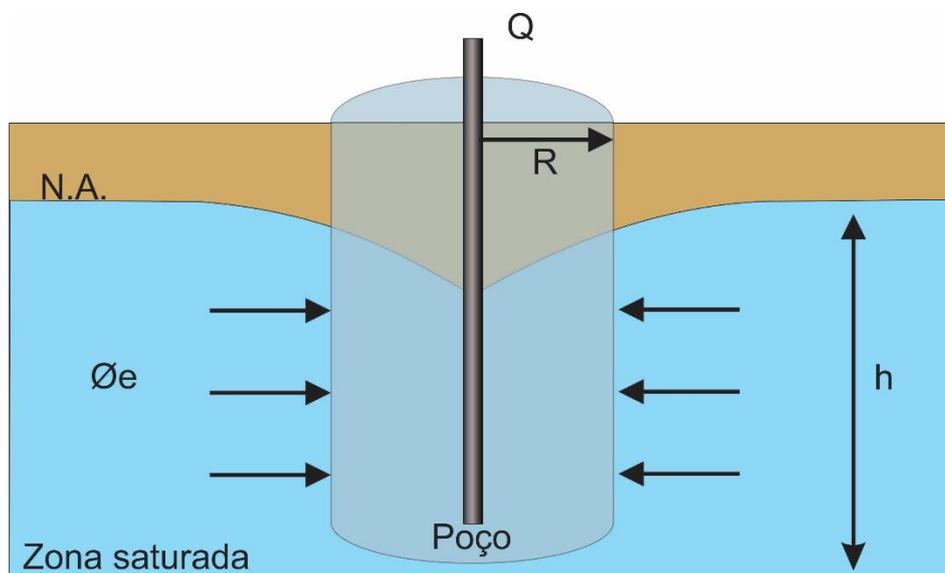


Figura 28 – Representação esquemática do fluxo radial e dos parâmetros envolvidos na estimativa do Raio Fixo Calculado (RFC). Q= vazão de produção; t= tempo de trânsito; ϕ_e = porosidade efetiva; h= espessura saturada do aquífero; N.A.= nível de água.

O objetivo de definir um perímetro de alerta baseia-se no princípio da prevenção, isto é, impedir que atividades potencialmente poluentes sejam exercidas nas proximidades da captação, de modo a minimizar os riscos de contaminação das águas subterrâneas por infiltração direta de substâncias ou elementos nocivos dispostos no terreno. Nesse sentido, este conceito é aplicável fundamentalmente a aquíferos livres, mas pode ser estendido para aquíferos semiconfinados, como é o caso da maior parte dos reservatórios integrantes dos sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas.

O Quadro 14 simula perímetros de proteção de poços perfurados na área estudada estimados pelo método do RFC, considerando porosidade efetiva dos aquíferos de 20% e tempo de trânsito de 50 dias, para vazões possíveis de extração nas profundidades de captação consideradas.

Os perímetros de proteção calculados variaram de o mínimo de 34 m ao máximo de 52 m. A equação do RFC mostra que incrementos do tempo de trânsito e da vazão de bombeamento aumentam o raio do perímetro de proteção dos poços, enquanto acréscimos na porosidade efetiva e na espessura saturada do aquífero diminuem o raio do perímetro.

Quadro 14 – Perímetros de proteção de poços dos aquíferos da região de Belém e municípios adjacentes estimados pelo método do RFC

Porosidade Efetiva	Espessura (m)	Tempo de trânsito (dias)	Vazão (m³/h)	Perímetro ou raio (m)
0,2	50	50	30	34
0,2	100	50	80	39
0,2	150	50	150	44
0,2	200	50	250	49
0,2	250	50	350	52

A adoção de perímetros de proteção pelos órgãos ambientais gestores deve considerar toda a dinâmica envolvida na perfuração e operação dos poços de abastecimento público. Poços são periodicamente desativados e substituídos por outros com características diferentes de profundidade, vazão, etc. Significa dizer que os perímetros de proteção aplicados para poços, numa determinada condição, podem não ser adequados às condições requeridas pelas novas captações. Por exemplo, um poço perfurado com cerca de 100 m de profundidade para extrair vazão de 80 m³/h tem seu perímetro de proteção estimado em 39 m (Quadro 14), distância além da qual são admitidas atividades potencialmente poluentes; substituído por um poço com 250 m de profundidade e vazão de 350 m³/h, o perímetro recomendado amplia-se para 52 m (Quadro 14), o que exigiria do órgão gestor uma reavaliação da área em relação ao cumprimento das exigências ambientais.

Adotando-se uma postura conservadora e de fácil implementação, **recomenda-se um perímetro de alerta fixo estabelecido entre o mínimo de 60 m e o máximo de 100 m de distância de poços de abastecimento público.** Esse perímetro fixo facilita a gestão pelo órgão ambiental, evita problemas relacionados a eventuais alterações das características hidrogeológicas e operacionais por substituição de poços e propicia um raio de proteção com maior segurança.

13.5.4 Indicação dos poços abandonados e/ou desativados

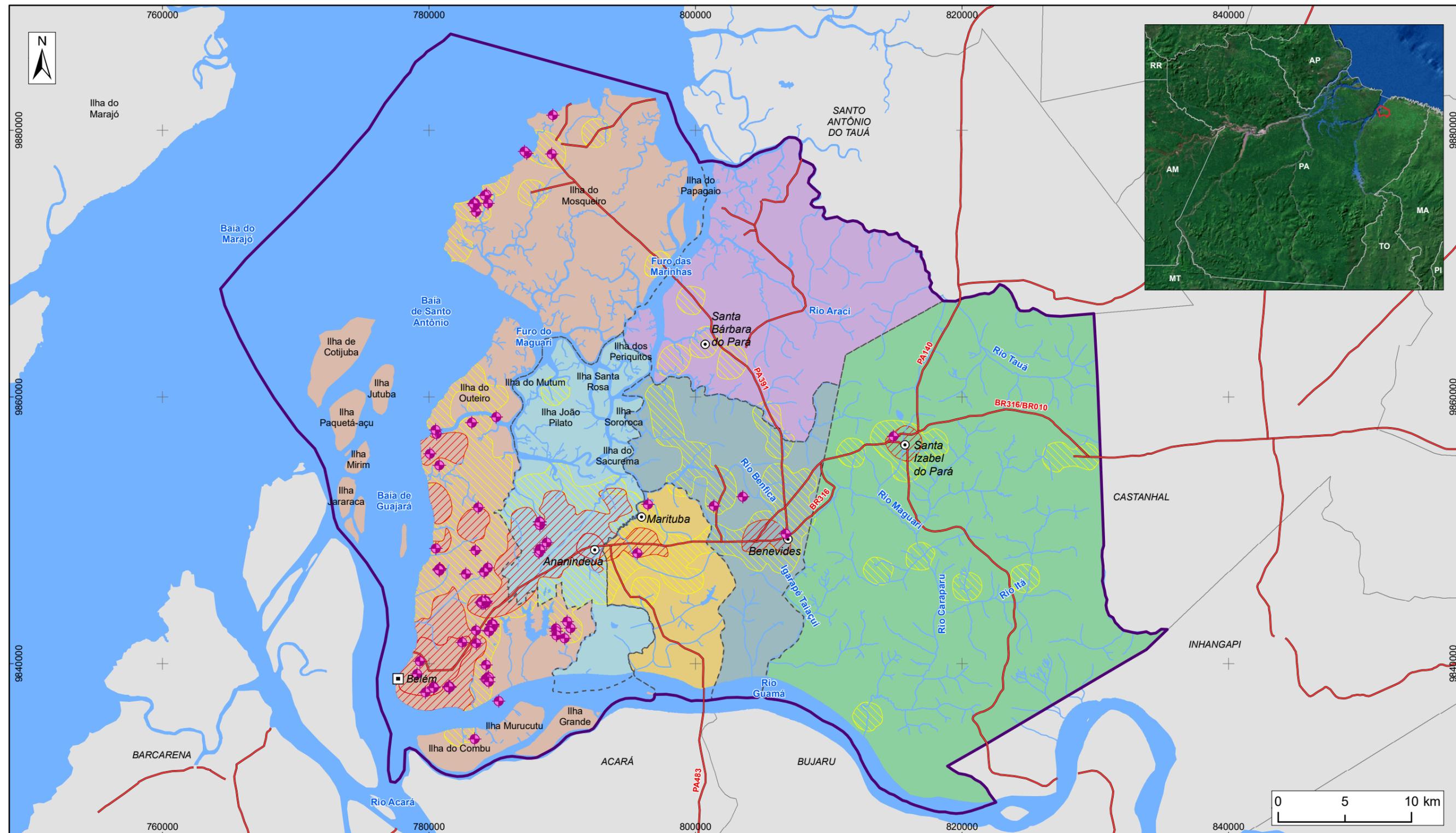
O cadastro de poços consistido neste estudo abrange apenas poços ativos (bombeando) e nascentes. Foram cadastrados 516 pontos de água, incluindo poços tubulares, poços rasos e nascentes. Dessa forma, para a indicação dos poços abandonados e/ou desativados na área de estudo foi utilizado o cadastro da CPRM, disponível no SIAGAS. O cadastro de poços, disponível no SIAGAS, apresenta a coluna “Situação”, que indica se o poço se encontra abandonado, bombeando, equipado, colmatado, etc. A Figura 29 apresenta os poços abandonados na área de estudo, segundo o cadastro do SIAGAS.

Conforme Art. 71º da Lei nº 6.381/2001, “os poços abandonados ou em funcionamento que acarretem ou possam acarretar poluição ou representem riscos aos aquíferos e as perfurações realizadas para outros fins que não a extração de água deverão ser adequadamente tamponados, de forma a evitar acidentes que contaminem ou poluam os aquíferos”. O mesmo texto é encontrado no Art. 11º da Resolução CNRH nº 15/2001 e no Art. 29º da Resolução CERH nº 03/2008.

Além disso, a Lei nº 6.381/2001, em Parágrafo Único do Art. 71º determina que “os responsáveis pelos poços ficam obrigados a comunicar ao órgão gestor dos recursos hídricos do Estado a desativação destes, temporária ou definitiva”.

No Art. 73º, a Lei nº 6.381/2001 determina que “as escavações, sondagens ou obras para pesquisa relativa à lavra mineral ou para outros fins, que atingirem águas subterrâneas, deverão ter tratamento idêntico ao de poços abandonados, de forma a preservar e conservar os aquíferos”.

Considerando a necessidade de estabelecer procedimentos para o tamponamento de poços, a SEMAS/PA disponibiliza em seu sítio eletrônico uma Nota Técnica sobre os procedimentos mínimos a serem adotados para tamponamento de poços tubulares e poços manuais, bem como para regularização dos serviços executados. Na mesma linha, propõe-se que a SEMAS/PA elabore ainda um manual orientativo ou cartilha para o usuário, no qual deve constar os perigos relativos à utilização de poços mal construídos, sem as mínimas condições sanitárias.



LEGENDA

- ▣ Capital Estadual
- ⊙ Sede Municipal
- ✦ Poços abandonados
- ~ Hidrografia
- Rodovia
- ☪ Massa d'água
- ⊕ Área de Estudo
- - - Limite municipal
- Perigo contaminação**
- Classificação**
- ▨ Moderado
- ▨ Elevado

Figura 29 – Localização dos poços abandonados segundo o cadastro do SIAGAS



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA

Fonte: Rodovia: SEMAS/PA. Limites políticos: IBGE. Hidrografia: CPRM. Ilhas: Adaptado de SEMAS/PA. Poços: SIAGAS

Sistema de Coordenadas:	UTM
Datum Horizontal:	SIRGAS 2000
Unidade:	Metros
Fiscalização:	ANA
Data:	Junho/2018
Arquivo:	Figura_29_Localizacao_pocos_abandonados_SIAGAS_A3
Escala:	1:290.000

A Nota Técnica elenca oito tipos de procedimentos de tamponamento a serem seguidos, além do procedimento universal, materiais a serem utilizados e indica tipo de caixa protetora. A Nota Técnica recomenda ainda o procedimento mais adequado para cada tipo de aquífero. Conforme a Nota Técnica, o responsável pela execução dos serviços deve recolher Anotação de Responsabilidade Técnica – ART e protocolar na SEMAS/PA, até 30 dias após a execução dos serviços, o Formulário de Desativação Temporária ou Permanente de Poço, juntamente com a documentação construtiva do mesmo, quando disponível.

Dessa forma, sugere-se que quando realizadas as campanhas de cadastramento e regularização dos poços existentes, sejam identificados os poços abandonados e/ou desativados, assim como aqueles construídos de forma irregular (fora das normas de construção de poços previstas pelas NBR 12.212/1992 e 12.244/1992 da ABNT ou aos procedimentos normativos constantes na Lei nº 6.381/2001), para que seja realizado, por meio de exigência formal ao proprietário do poço, o adequado tamponamento conforme diretrizes da Nota Técnica da SEMAS/PA ou a adequação do projeto construtivo. Sugere-se que nas campanhas de cadastramento e regularização seja entregue aos usuários cartilha contendo informações sobre os perigos relativos à utilização de poços mal construídos, sem as mínimas condições sanitárias. Os poços desativados, cujo o projeto construtivo está de acordo com as normas técnicas, poderão ser utilizados para monitoramento.

O cadastro de poços consistido neste estudo já permite a identificação de um grande número de usuários por onde o cadastramento e a regularização pode iniciar. Já, o cadastro do SIAGAS permite a identificação de poços abandonados. A Figura 29, apresentada anteriormente, identifica os poços abandonados localizados em áreas com potencial perigo de contaminação. O tamponamento dos poços localizados em áreas de alto perigo de contaminação deve ser prioritário.

14 SEMINÁRIOS DE GESTÃO PARTICIPATIVA

A gestão participativa neste trabalho foi fundamental para fins de divulgação do conhecimento técnico, busca de contribuições e debates com a participação de diversos atores. Representantes dos poderes públicos municipais, pesquisadores, técnicos do órgão gestor de recursos hídricos; representantes de setores usuários, assim como representantes de pequenos núcleos populacionais foram partícipes nesse processo.

Essa atividade veio ao encontro do sexto Fundamento da Política Nacional de Recursos Hídricos que estabeleceu:

Lei nº 9.433/1997. “Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: ...VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.”

O debate com esses representantes referente à preservação dos mananciais subterrâneos, bem como o acesso da população à informação, traz relevantes benefícios, tais como o estímulo à organização e participação na busca das resoluções dos problemas vivenciados cotidianamente na gestão dos recursos hídricos, além de claramente adicionar o componente da mudança de atitudes e comportamentos, de maneira proativa, em favor de melhorias na qualidade de vida e reflexos positivos no meio ambiente.

Dessa forma, a gestão participativa com os interessados na gestão de recursos hídricos foi desenvolvida neste estudo a partir da realização de dois seminários, sediados no Município de Belém, e cujos principais resultados são apresentados na sequência.

Os seminários foram promovidos e planejados pela ANA - Agência Nacional de Águas com o apoio técnico e logístico da Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF) e da SEMAS/PA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará.

14.1 1º SEMINÁRIO DE GESTÃO PARTICIPATIVA

O 1º seminário de gestão participativa ocorreu em 19 de outubro de 2017 no Auditório situado nas dependências do Instituto de Educação (ICED) da UFPA, e teve como objetivo apresentar os resultados parciais dos estudos. O evento teve duração de 8 horas

distribuídas em dois turnos (manhã e tarde) de apresentações e debates, quando registrou-se o comparecimento de um total de 94 pessoas.

O evento contou inicialmente com a composição de uma mesa de abertura constituída pelo Superintendente de Implementação de Programas e Projetos da ANA, Sr. Tibério Magalhães Pinheiro, pelo Secretário Adjunto de Gestão de Recurso Hídricos da SEMAS/PA, Sr. Ronaldo Lima, e pelo Diretor da Profill Engenharia e Ambiente, Sr. Mauro Jungblut (Figura 30).



Figura 30 – Composição da mesa de abertura.

A dinâmica de apresentação seguiu a seguinte programação: abertura do evento pelas autoridades locais; apresentação de representante da ANA, com a palestra “A ANA e o desenvolvimento de estudos hidrogeológicos no Brasil”; apresentação de representante da CPRM sobre o “Estado da arte da hidrogeologia da região de Belém e atuação da CPRM”; e a apresentação de representante da equipe técnica da execução dos estudos sobre os resultados parciais dos estudos hidrogeológicos dos Sistemas Aquíferos Barreiras e Pirabas; e, por fim, foi reservado um momento à SEMAS/PA para apresentações

sobre as perspectivas na gestão e conservação dos aquíferos: dificuldades, desafios e oportunidades.

Durante todo o evento pôde-se contar com a mediação do geólogo Leonardo Almeida, representante da ANA, fazendo uma breve apresentação dos profissionais responsáveis pelas apresentações no seminário.

A participação do público foi muito presente ao longo do evento, com uma grande quantidade de questionamentos acerca dos resultados parciais alcançados, e, principalmente, das novidades obtidas ao longo do desenvolvimento do projeto. Dentre os assuntos levantados ao longo das palestras destaca-se o levantamento da situação da carência de modelos estruturais e tectônicos, bem como da importância da revisão estratigráfica e estrutural do arcabouço, e como essa atividade vem se apresentando como um subproduto do projeto, as quais, atuando em consonância, vêm servindo como subsídio à elaboração do modelo hidrogeológico conceitual.

A discussão quanto à estratigrafia incrementou-se com contribuições acerca da direção de fluxo e sua relação com a espessura de cada pacote sedimentar, bem como as diferenças litofaciológicas ao longo dos materiais disponíveis estudados, principalmente no que dizem respeito aos teores de carbonato nas diferentes fácies e do marcador estratigráfico que define a base do Pirabas, interpretada a partir de perfis geofísicos. Citou-se que, para além dessa interpretação, seria necessário atentar para a resposta da assinatura geoquímica dos diferentes intervalos na sua delimitação faciológica, uma vez que os teores de ferro variam, e ainda há dúvidas acerca da origem desse elemento na água, principalmente nos intervalos relativos à Formação Pirabas.

Assim, também se questionou o quão mais matemático o modelo poderia ser, na busca por uma resposta mais assertiva no que diz respeito à conexão entre os intervalos aquíferos. Destacou-se por diversas vezes a dificuldade de boas amostragens (de rocha, de perfis geofísicos e de testes de aquífero, principalmente) e o quanto isso influencia no tratamento dos dados. Acrescentou-se que as limitações do modelo são uma resposta direta à escassez de dados enfrentada.

Discutiu-se sobre a recarga, tendo sido desconsideradas as possibilidades de recarga por fraturas e salientado que boa parte da recarga ocorre por infiltração. Questionou-se sobre as possibilidades de recarga ascendente (Pirabas para Barreiras), e, nesse âmbito, também foi citada a importância dos testes de aquífero para reforçar a proposição de um

modelo. Também teve destaque a importância da quantificação das exposições da água subterrânea através de poços escavados e/ou sem proteção sanitária na análise da vulnerabilidade e dos riscos hidrogeológicos e da formação de políticas públicas. Algumas imagens ilustrativas do evento nas podem ser visualizadas entre a Figura 31 e a Figura 34.



Figura 31 – Condução do evento pelo Especialista em Recursos Hídricos da ANA, Sr. Leonardo Almeida.



Figura 32 – Público presente.



Figura 33 – Apresentação do Geólogo Flavio de Paula, da Profill.



Figura 34 – Apresentação do Sr. Ronaldo Lima, da SEMAS/PA.

14.2 2º SEMINÁRIO DE GESTÃO PARTICIPATIVA

O segundo seminário de gestão participativa ocorreu em 13 de junho de 2018 no Auditório do Centro de Ciências Naturais e Tecnológicas (CCNT), situado nas dependências da Universidade Estadual do Pará (UEPA) e teve como objetivo apresentar os resultados finais dos estudos. O evento teve aproximadamente 6 horas de duração e contou com a participação de 250 pessoas inscritas.

O evento contou inicialmente com a composição de uma mesa de abertura, pelo Diretor da ANA, Sr. Ricardo Medeiros de Andrade, pela Secretária Adjunta de Gestão de Recurso Hídricos da SEMAS/PA, Sra. Verônica Jussara Costa Bittencourt, pelo Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial da CPRM, Sr. Antônio Carlos Bacelar Nunes, e pelo Diretor da Profill Engenharia e Ambiente, Sr. Mauro Jungblut (Figura 35).



Figura 35 – Composição da mesa de abertura.

As exposições programadas para o evento consistiram de apresentações orais acerca dos resultados finais dos estudos e a proposta de gestão para as águas subterrâneas da região de Belém, por parte dos membros da equipe técnica. Outras apresentações foram feitas por representantes da ANA e da SEMAS/PA.

A palestra de abertura foi proferida pela geóloga Luciene Mota de Leão Chaves, Diretora de Recursos Hídricos da SEMAS/PA, sobre Gestão de Recursos Hídricos na visão da entidade, para o Estado do Pará. Em seguida, representante da ANA apresentou um breve contexto dos estudos. Logo após representante da equipe técnica executora apresentou os levantamentos de dados no âmbito do projeto, em que relacionou todas as etapas de tomadas de dados primários executadas ao longo dos estudos.

Ainda no turno da manhã, foi apresentado a proposta de modelo hidrogeológico conceitual para a área de estudo. Ao término dessa apresentação houve breve discussão com participação do público presente, envolvendo principalmente questões de cunho tectono-estrutural e estratigráfica, no que diz respeito à definição das superfícies delimitadoras dos intervalos aquíferos e do *datum* utilizado para compreensão do perfil geológico que embasa a sequência hidroestratigráfica estudada.

No turno da tarde apresentou-se os resultados das duas campanhas de análises físico-químicas e bacteriológicas, envolvendo amostras ao longo da área de estudo, apresentando as classificações das águas para os diferentes intervalos aquíferos, e reforçando também suas diferenciações.

Na sequência, os dados sobre os impactos da urbanização nas águas subterrâneas da região de Belém foram apresentados e ao final dessa apresentação abriu-se o microfone para debate com o público, em que foi discutido os efeitos da recarga urbana através das perdas nas tubulações de água e esgoto nas porções aquíferas mais superficiais do substrato e sua influência na qualidade da água, uma vez que a população é servida com águas de diferentes classificações. Entretanto, entendeu-se como mínimo o efeito dessa recarga na qualidade da água, porque as quantidades que infiltram são pouco expressivas diante das capacidades do Sistema Aquífero Barreiras, além do que, a água utilizada para abastecimento público na área de estudo vem de captações superficiais e de captações subterrâneas, através de poços profundos com extrações no Sistema Aquífero Pirabas.

O turno da tarde teve como última palestra a apresentação da proposta de plano de gestão para as águas subterrâneas da região de Belém.

Algumas imagens ilustrativas do evento podem ser visualizadas entre a Figura 36 e a Figura 44.



Figura 36 – Palestra de representante da SEMAS/PA.

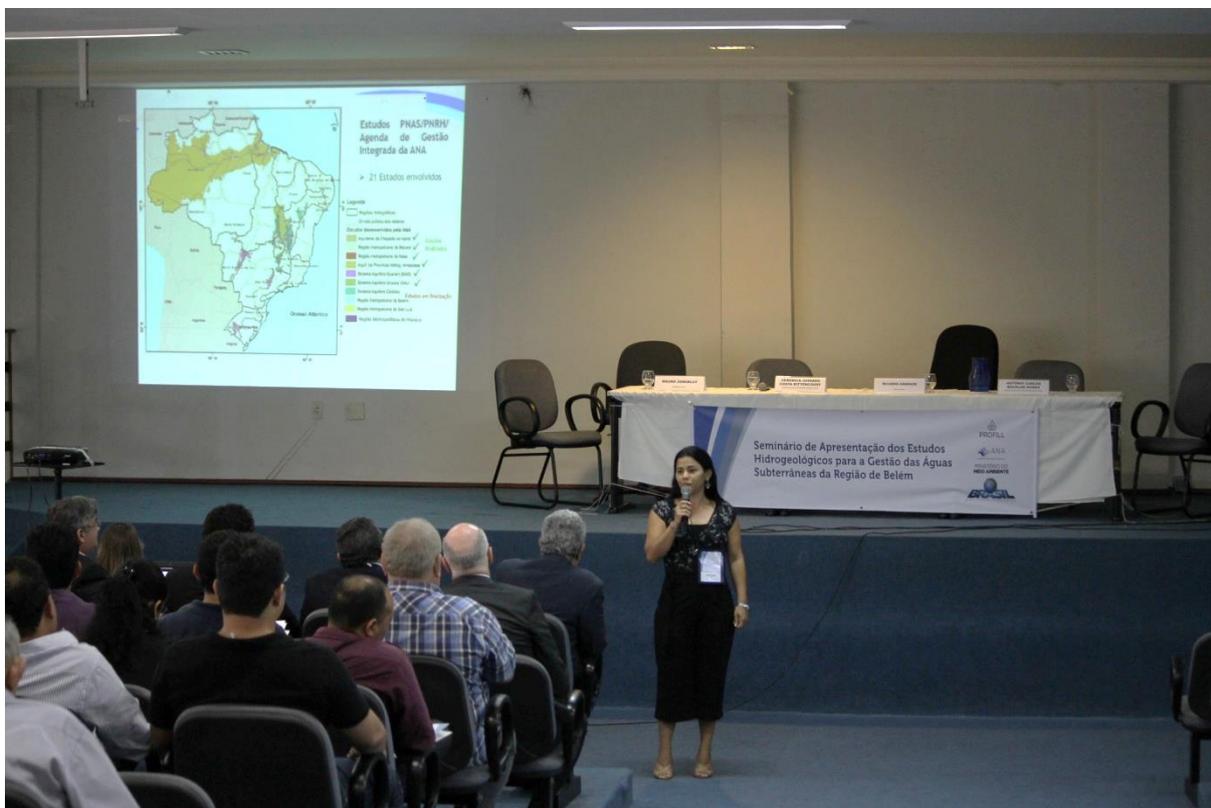


Figura 37 – Palestra de representante da Agência Nacional de Águas.



Figura 38 – Palestra técnica de levantamento de dados.



Figura 39 – Palestra técnica de hidrogeologia.



Figura 40 – Palestra técnica de hidrogeoquímica.

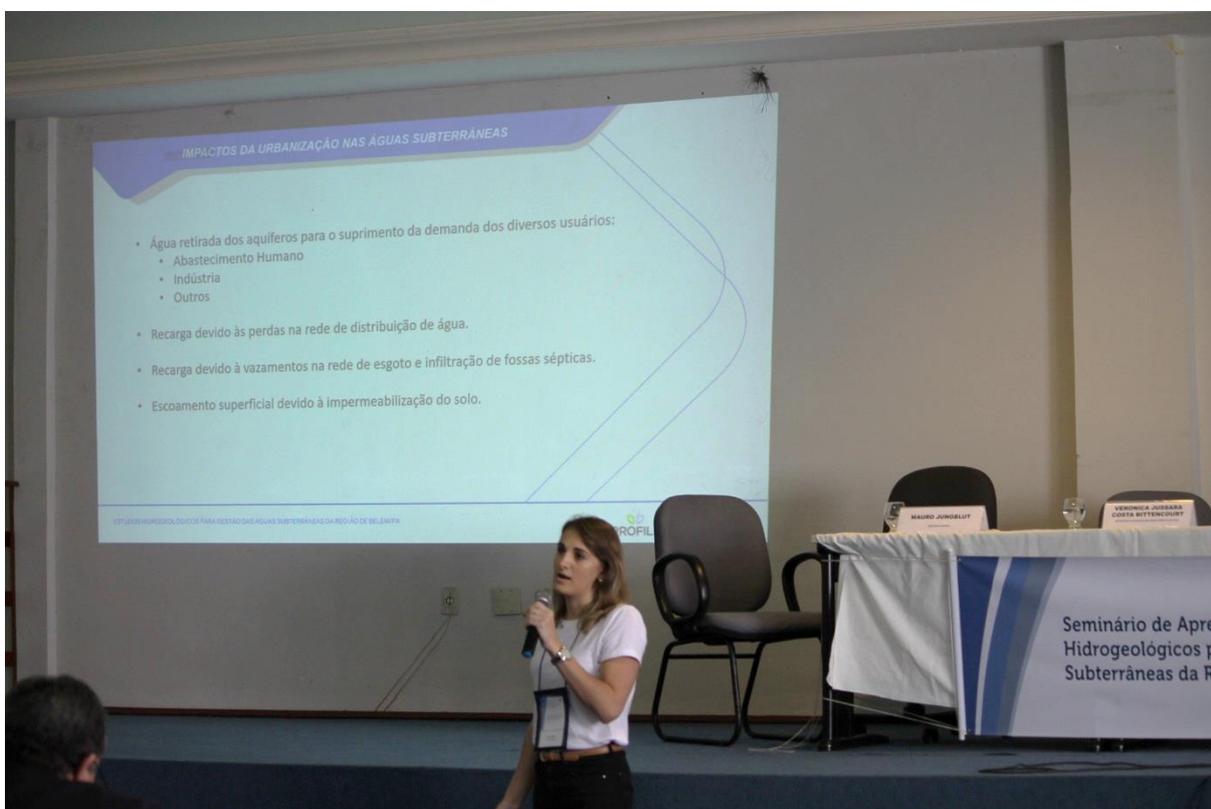


Figura 41 – Palestra técnica de impactos da urbanização.



Figura 42 – Palestra técnica do Plano de Gestão.



Figura 43 – Local do evento.



Figura 44 – Público presente durante o evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) and WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1368 p. 2012.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2009. Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. Relatório Síntese/Agência Nacional de Águas – Brasília, DF.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2012. Estudos hidrogeológicos para a orientação do manejo das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Natal (RMN). Relatório Final – Volume 3 – Estratégias de Manejo Sustentável das Águas Subterrâneas. Elaboração e Execução: SERVIMAR Serviços Técnicos Ambientais Ltda. Brasília, DF. 2012. 85 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2017. Atlas Brasil de Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: novembro de 2017.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2017. Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada. Relatório Final – Volume 3 – Estratégias de manejo sustentável dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado e conclusões. Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps – Walm. Brasília, DF. 2017. 139 p.
- APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. Geochemistry, groundwater and pollution. 2ª ed. Amsterdam: Balkema Publishers, 650p, 2005.
- BARROS, A.E.F.; COSTA, W.A.; LIMA, W.N. Estudo espectroscópico preliminar sobre a matéria orgânica de folhelhos associados à Formação Pirabas (Falésia da Praia do Bispo, Ilha dos Mosqueiro-PA). Geochim. Brasil, 19(1) 060-066, 2005.
- BJORLYKKE, K. & EGEBERG, P. K. Quartz cementation in Sedimentary Basins. AAPG Bulletin, v.77, p.1538-1548, 1993.
- CABRAL, N. M. T. Impacto da Urbanização na Qualidade das Águas Subterrâneas nos Bairros do reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA. 2004. 278f. Tese de doutorado.

Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 2004. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica.

CÂMARA, G. 2006. Representação Computacional de Dados Geográficos. In: Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos: GeoBrasil 2006.

CAMPOS, G. M. Estatística prática para docentes e pós-graduandos. Notas de aula. http://www.furp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro.html. 2002.

CAMPOS, H. Estatística experimental não paramétrica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz - USP”, São Paulo, 343p., 1979.

CARNIER NETO D. Análise das séries temporais de monitoramento de nível d’água em poços no aquífero Rio Claro. 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

COSTA NETO, P. L. O. Estatística. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 264p., 1977.

CUSTÓDIO, E & LLAMAS, M. R. Hidrologia subterrânea. 2ª ed. Barcelona: Ediciones Omega, 2v, 2350 p., 1996.

DIAS, N. M.; MORALES, G. P.; BELTRÃO, N. E. S. 2017. Política dos Recursos Hídricos no Pará: A evolução do instrumento de outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Revista: CCCSS Contribuciones a las Ciencias Sociales. Disponível em: <<http://www.eumed.net/rev/cccss/2017/01/agua.html>>. Acesso em: março de 2018.

FRANCISCO, C.N. 2014. Sistemas de Informações Geográficas. Niterói, julho 2014.

GULER, C.; THYNE, G. D. Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA. Journal of Hydrology, Amsterdam, v.285, p 177-198, 2004.

GWMATE – GROUNDWATER MANAGEMENT ADVISORY TEAM. Gestión Sustentable del Agua Subterránea – Conceptos y Herramientas. Serie de Notas Informativas: Nota 1 , 2006,

HEM, J. D. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Alexandria: U.S.G.S., U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254. 272 p., 1985.

- IRITANI, M.A & EZAKI, S. Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poços. São Paulo: instituto Geológico, 60.p. 2010.
- LANDIM, P. M. B. Análise estatística espacial de dados geológicos multivariados. DGA/IGCE/UNESP Rio Claro. Laboratório de Geomatemática, texto didático 15, 158 p. 2006.
- MATTA, M. A. S. 2002. Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p. (Tese de Doutorado).
- NAVARRETE, C.M; GARCÍA, A.G. Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. Serie: HIDROGEOLOGÍA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS. IGME. Madrid, 2003. 273 p. ISBN: 84-7840-496-1.
- NORDSTROM, D. K. & MUNOZ, J. L. Geochemical Thermodynamics. Menlo Park, California. The Benjamin/Cummings Co., Inc. 477p, 1985.
- PARKHURST D. L. & APPELO P. User's guide to Phreeqc (Version 2) – A computer program for speciation batch-reaction one-dimensional transport and inverse geochemical calculations: Denver: USGS, 1999, 310p. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259.
- PEREIRA, Fabianne Mesquita; MIRANDA, Kewffany Chrys da Cruz. Estudo e acompanhamento do processo de habilitação e da atuação do conselho estadual de recursos hídricos do Estado do Pará, no período de 2016 a 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Pará. Campus Belém, 2018.
- PICANÇO, F. E.L.; LOPES, E.C.S & SOUZA, E.L.de. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém/PA. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, São Paulo. Resumos. São Paulo. ABAS, 2002.
- PIPER, A. M. A. A. Graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Reprinted: American Geophysical Union Transactions, v.25, p. 914-923, 1944.

PMB – PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém. Elaborado por: B&B ENGENHARIA LTDA e GPAC AMAZÔNIA - UFPA. Apoio: Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN; Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém – SAAEB; Agência Reguladora Municipal de Água e Esgoto de Belém. Apoio Técnico Financeiro: Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. Belém, PA. 2014.

PORTARIA 2.914 DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 – Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESOLUÇÃO 396 DE 03 DE ABRIL DE 2008 – MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE E CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

SEMAS – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. 2018. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/>>. Acesso em: março de 2018.

STIFF, H. A. JR. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Reprinted: Journal of Petroleum Technology, Oxford, v. 3, n. 10, p. 15-16, 1951.

STUMM, W. Chemistry of the solid-water interface: processes at the mineral-water and particle-water interface in natural systems. Wiley-Interscience publication. 1992.

TODD, D. K. Groundwater Hydrology. Nova York: John Wiley & Sons Inc. 320p. 1959.

ANEXOS

ANEXO I – MANUAL DE PERFURAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS PARA A REGIÃO DE BELÉM E PROJETO DE POÇO TUBULAR PARA OS SISTEMAS AQUÍFEROS BARREIRAS E PIRABAS

(Disponível em meio digital)



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Setor Policial, área 5, Quadra 3,
Blocos "B", "L", "M", "N", "O" e T.
PABX: (61) 2109-5400 | 21095252
www.ana.gov.br



Av. Iguazu, 451, 6º andar, Petrópolis.
Porto Alegre - RS. CEP: 90470-430
Fone | Fax: (51) 3211-3944
www.profill.com.br

