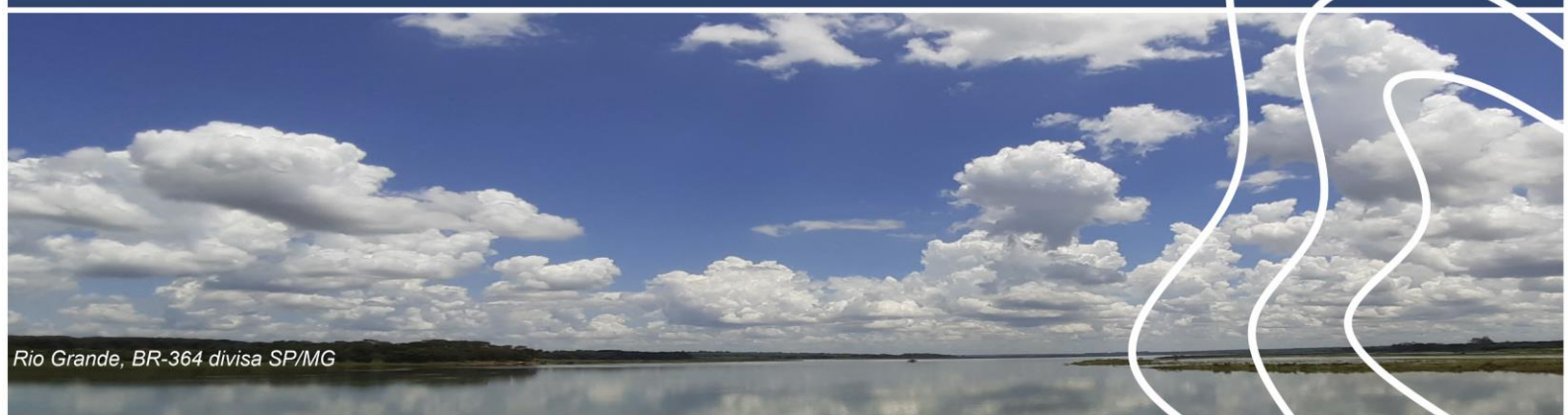




Poço Jorrante S. A. Serra Geral em Barretos - SP

ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS GUARANI, BAURU E SERRA GERAL NA UGRHI 12 – BPG

R05 - Junho/2023



Rio Grande, BR-364 divisa SP/MG



ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS GUARANI, BAURU E SERRA GERAL NA UGRHI 12 – BPG

R 05 – V03

REALIZAÇÃO:

UNESP: Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’

LARHIA: Laboratório de Recursos Hídricos e Isótopos Ambientais

DAEE: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

CBH-BPG: Comitê das Bacias Hidrográficas do Baixo Pardo/Grande

CEA: Centro de Estudos Ambientais

FUNEP: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão

SAAEB: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Bebedouro

LHC: Laboratório de Hidráulica Computacional

EESC: Escola de Engenharia de São Carlos

USP: Universidade de São Paulo

Rio Claro, 05 de junho de 2023

EQUIPE TÉCNICA

Prof. Dr. Didier Gastmans (coordenador)

LARHIA – CEA – UNESP

Prof. Dr. Edson Wendland

LHC – EESC – USP

Dr. Hélio Correia da Silva Jhuniór

LHC – EESC – USP

Me. Carolina Stager Quaggio

LARHIA – CEA – UNESP

Me. Lia Nogueira Garpelli

LARHIA – CEA – UNESP

Amanda Rodrigues Soares

Geógrafa – LARHIA – CEA – UNESP

Bruno Henrique Valdambri Viéria

Geógrafo – LARHIA – CEA – UNESP

Pedro de Medeiros Correia

Geólogo – LARHIA – CEA – UNESP

Ariane Penteadó Constantino

Graduanda em Geologia – LARHIA – CEA – UNESP

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS DO ESTUDO.....	9
2.1. Justificativa.....	9
2.2. Objetivos	14
3. ETAPAS DE TRABALHO E CRONOGRAMA	15
3.1. Produtos entregues.....	17
4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	22
5. LEGISLAÇÃO VIGENTE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO	25
6. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS PRIORITÁRIAS DE AÇÕES (ZPA) PARA A UGHRI 12	29
6.1. Sistemas Aquíferos Bauru e Serra Geral	29
6.2. Sistema Aquífero Guarani	32
7. PROPOSTA DE AÇÕES	38
7.1. Ranqueamento das ZPA	42
7.2. Classificação dos impactos ambientais	46
7.3. Classificação das ações propostas.....	49
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS	72
Anexo I. Produtos georreferenciados produzidos e utilizados durante a elaboração do projeto..	72
Anexo II. Pontuação atribuída aos atributos impacto ambiental associado, aquífero, abrangência, atuação, frequência, usuário-alvo, ZPA para classificação das ações propostas.	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa de localização dos municípios que fazem parte da UGRHI 12 e os de entorno que compõem a área de estudo, com destaque para as áreas urbanas dos municípios e as rodovias.	13
Figura 4.1. Organização do banco de dados em ambiente SIG, por tipo de arquivo e categoria.	22
Figura 6.1. Síntese dos impactos observados nos aquíferos livres: (A) densidade da vazão de poços; (B) balanço hídrico; (C) amostras com concentração de NO ₃ e F acima do VMP pela portaria n°5/2017; e (D) áreas contaminadas segundo relatório da CETESB (2020).....	30
Figura 6.2. Resultados do modelo analítico para o Cenário T2 (situação atual): (A) cargas hidráulicas; (B) rebaixamentos e (C) profundidade do NA.....	34
Figura 6.3. Resultados do modelo analítico para cenários futuros em termos de cargas hidráulicas, rebaixamentos e profundidade do NA.....	35
Figura 7.1. Distribuição das ZPAs dos aquíferos livres (A) e confinado (B) para cada município.	44
Figura 7.2. Relação entre os impactos ambientais diagnosticados e as ações propostas, com indicação da Zona Prioritária de Ação (ZPA) e usuário alvo de cada ação.	50
Figura 7.3. Sugestão de logo para o SAAG.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Cronograma de execução.	16
Tabela 3.2. Sumário dos itens e subitens avaliados no desenvolvimento dos produtos.	18
Tabela 4.1. Organização do banco de dados por tipologia de arquivo.	23
Tabela 6.1. Rebaixamentos médios e máximos obtidos nas simulações realizadas pelo modelo analítico, e respectivos volumes acumulados extraídos, juntamente com a estimativa em anos.	33
Tabela 7.1. Definição dos atributos e descrição e pontuação dos critérios adotados.	39
Tabela 7.2. ZPAs propostas dos aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG) para cada município e relação dos municípios com UGRHs vizinhas.	43
Tabela 7.3. Pontuação atribuída às ZPA propostas para os aquíferos livres (SAB SASG) e confinado (SAG).....	45
Tabela 7.4. Pontuação atribuída aos atributos situação, severidade e abrangência para classificação dos impactos ambientais identificados.....	47
Tabela 7.5. Apresentação das ações proposta com a descrição, objetivo, impacto ambiental (IA) associado, aquífero, abrangência, responsável pela ação e a pontuação final. A planilha completa com a pontuação de cada atributo é apresentada no anexo I.....	51

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório constitui o produto final e traz de forma sistematizada, a síntese e interpretação final dos resultados obtidos ao longo da execução do projeto intitulado “Elaboração de Estudos Hidrogeológicos para Avaliação das Condições de Exploração dos Sistemas Aquíferos Guarani, Bauru e Serra Geral na UGRHI 12 – BPG”, pela equipe do Laboratório de Recursos Hídricos e Isótopos Ambientais (LARHIA) do Centro de Estudos Ambientais da UNESP Campus de Rio Claro (CEA-UNESP), bem como as indicações de ações a serem tomadas pelo Comitê de Bacias para a gestão das águas subterrâneas da UGRHI 12. Esse projeto é fruto do convênio firmado entre a Universidade Estadual Paulista (UNESP) e o Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de Bebedouro (SAAEB), sob interveniência da Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão (FUNEP).

A área de estudo abrange os territórios dos doze municípios que possuem sede dentro da UGRHI 12 e os municípios de entorno, diretamente vizinhos aos limites da unidade de gerenciamento, totalizando vinte e três municípios.

De acordo com a proposta de atividades apresentada no Plano de Trabalho (Produto 1), o segundo relatório apresenta o diagnóstico hidrogeológico da área, enquanto o terceiro relatório do projeto teve por objetivo apresentar as atividades, e os resultados obtidos, referentes às campanhas de amostragem de 1 a 3, conduzidas nos meses de fevereiro, março e maio de 2022. Além da descrição do campo, são apresentados os procedimentos de coleta e de laboratório para determinação hidroquímica e isotópica, bem como os resultados analíticos.

O quarto produto, referente ao modelo analítico de fluxo do SAG, apresentou tanto as condições pretéritas e presente da evolução dos níveis potenciométricos do SAG, face à evolução da exploração do aquífero, bem como cenários probabilísticos da sua evolução futura com base em cenários de aumento futuro da extração de água do SAG na UGRHI 12.

Esse quinto e último produto apresenta as principais conclusões do estudo realizado e propõe uma série de ações visando o monitoramento e melhor gestão dos recursos hídricos dos aquíferos da bacia.

A proposta inicial do projeto firmado, previa a análise que permitisse a criação de zonas de restrição e controle nos termos da legislação existente, entretanto após

a realização dos levantamentos e interpretação dos dados, as conclusões indicam que, apesar de cenários de alerta em relação a qualidade das águas subterrâneas nos aquíferos livres e de super-exploração no SAG principalmente e nos aquíferos livres localmente, inicialmente são propostas apenas ações afirmativas de gestão, que se implementadas no âmbito do Comitê de Bacias, como políticas públicas, permitirão uma melhora na utilização dos recursos hídricos subterrâneos na bacia.

O presente documento está dividido em dez capítulos, além deste capítulo de introdução, a saber: (ii) justificativas e objetivos do estudo, onde são apresentadas as motivações deste projeto; (iii) etapas de trabalho, cronograma executado segundo Plano de Trabalho (Produto 1) e a síntese dos produtos entregues; (iv) a descrição do Sistema de Informação Geográfica; (v) revisão da legislação vigente das águas subterrâneas no estado de SP; (vi) a delimitação de Zonas Prioritárias de Ação (ZPA); (vii) a proposta de ações para os impactos ambientais observados nas ZPA; (viii) as considerações finais da execução e resultados do projeto; (ix) as referências bibliográficas citadas neste relatório e (x) material anexo a esse relatório.

2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS DO ESTUDO

2.1. Justificativa

A UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande está localizada na porção nordeste do estado de São Paulo, possui divisa com o estado de Minas Gerais a Norte e as UGRHIs 15 (Turvo/Grande) a Oeste, 09 (Mogi-Guaçu) ao Sul, 04 (Pardo) a Sudeste, e 08 (Sapucaí-Mirim/Grande) a Leste, ocupando uma área de 7.113 km². Ao todo, vinte e um municípios estão inseridos dentro dos limites da UGRHI, dos quais apenas doze possuem suas sedes municipais em seu interior. Além desses, na área de estudo deste projeto foram incluídos os municípios de Pontal e Taiúva por constituírem o entorno direto da UGRHI 12, totalizando vinte e três municípios (Figura 2.1). As principais cidades localizadas na UGRHI 12 são: Barretos, Bebedouro e Orlândia.

A UGRHI 12 vem sofrendo uma progressiva redução na disponibilidade hídrica superficial provocada pelo intenso desmatamento e aceleração do processo erosivo em áreas urbanas e rurais; perda de solos férteis; assoreamento e risco de desperenização de cursos d'água; lançamento de esgotos urbanos não tratados; disposição irregular de lixo; exploração sem controle de água subterrânea e o aumento crescente da demanda de água, especialmente para uso em irrigação (SigRH, 2021).

As demandas de água na bacia, de acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 2016 (ano base 2015) e 2020 (ano base 2019) (CBH-BPG, 2016, 2020), concentram-se principalmente nas águas superficiais, que representam cerca de 85% dos volumes extraídos (média dos anos base 2015 e 2019), entretanto observa-se que vem ocorrendo um aumento nos volumes retirados dos aquíferos, com aumento de demandas de 12% para 16% entre os anos base de 2015 e 2019.

Por tratar-se de uma UGRHI cuja atividade econômica é predominantemente agrícola, caracterizada por forte presença de culturas irrigadas, as mudanças climáticas têm provocado cada vez mais um aumento da demanda rural dos recursos hídricos para irrigação das lavouras. O cenário atual indica que a utilização da água superficial é intensa nesse setor, com uma menor participação das águas subterrâneas.

Estimativas apresentadas nos planos de bacia e suas revisões posteriores, de uma disponibilidade hídrica subterrânea de aproximadamente 10 m³ s⁻¹, associada

aos três aquíferos de alta produtividade na UGRHI 12: Sistema Aquífero Bauru (SAB), Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG), justificam a tendência observada de se buscar esta fonte como fornecimento de água, principalmente porque a irrigação não pode ser atendida apenas com as vazões superficiais.

Em avaliação prévia, realizada no âmbito do presente projeto e apresentada no diagnóstico hidrogeológico (R02B), observou-se que a atividade agrícola cresceu intensamente na UGRHI 12 nas últimas três décadas, e ocupa a maior parte do território da bacia (89,7%). Esse período foi caracterizado por um aumento das plantações de cana de açúcar e laranja, que abastecem as demandas das indústrias de etanol e suco, em detrimento de campos e pastagens. A área urbana ocupa apenas 1,2% da área da UGRHI, e o restante é repartido entre os demais usos, destacando-se fragmentos de vegetação nativa (item 4.1.4 do R02B).

Os volumes outorgados pelo DAEE apontam que as águas superficiais contribuem com 76,58% ($520,58 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$), enquanto as águas subterrâneas com 23,42% ($159,23 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$) das captações conhecidas na UGRHI 12. Dentre os sistemas aquíferos explorados, o SASG ($68,58 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$) é o mais explorado, seguido pelo SAG ($55,9 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$) e pelo SAB ($23,11 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$) (item 5.2 do R02B). Essa intensa exploração do SAG produziu um expressivo rebaixamento na superfície piezométrica do aquífero entre os anos de 1990 e 2020, que podem alcançar até 128 m nos municípios de Colina e Barretos, segundo modelo numérico de fluxo.

A crescente demanda associada ao desenvolvimento da atividade agroindustrial, refletida também na conversão do uso e ocupação da terra, implicou em um aumento nas outorgas dos recursos hídricos para a irrigação ($493,9 \text{ hm}^3 \text{ ano}^{-1}$), que equivalem a 72,6% do volume total outorgado, dos quais 11,39% representam águas subterrâneas, extraídas de poços perfurados no SAB, SASG e SAG (item 5.2 do R02B). As maiores vazões acumuladas de poços estão localizadas nos municípios de Bebedouro e Barretos, fora da área urbana, em locais de intensa atividade agrícola e associados aos poços mais produtivos, perfurados em sua maioria no SAG.

Desta forma, torna-se premente avaliar o cenário atual de utilização das águas subterrâneas, buscando uma melhor compreensão nas suas condições de armazenamento e movimentação nos aquíferos presentes na UGRHI 12, especialmente àquelas armazenadas no SAG, bem como suas relações com os

sistemas aquíferos subjacentes (Serra Geral e Bauru). Essa atenção especial em relação ao SAG deve-se a sua condição de aquífero confinado, que torna a interferência entre poços um problema recorrente, aumentando os rebaixamentos dos níveis e, conseqüentemente, o custo de produção de água, além de uma diminuição da oferta, até que novas condições de exploração sejam estabelecidas.

Buscando ampliar a compreensão da superfície piezométrica e movimentação das águas subterrâneas no SAG, foi desenvolvido um modelo analítico de fluxo do aquífero na UGRHI 12, simulando o cenário atual e situações hipotéticas futuras. O método utilizado foi o dos Elementos Analíticos (MEA), proposto por Strack (1989). O MEA permite modelar regiões heterogêneas de transmissividade e espessura, poços de extração e zonas de recarga com elementos analíticos individuais, assumindo a premissa de fluxo uniforme e estacionário, sendo solucionados pelo princípio da superposição de efeitos.

Dados monitorados pelo SIDAS/DAEE foram utilizados para uma calibração manual dos parâmetros transmissividade e espessura do aquífero do modelo, considerando intervalos de perfuração anteriores a 1990, entre 1990 e 2000 e 2000 a 2020, obtendo uma correlação de Pearson média de 0,83. Visando o crescimento das outorgas subterrâneas na UGRHI 12, foram simulados quatro cenários hipotéticos, considerando incrementos gradativos das demandas urbanas (25%, 50%, 75% e 100% das demandas superficiais urbanas), e rurais (5%, 10%, 15% e 20% das demandas agrícolas existentes), conjuntamente.

Os resultados permitiram construir uma perspectiva da atual situação, enquanto os cenários futuros de exploração podem ser usados como uma importante ferramenta na gestão. Partindo dos níveis estáticos monitorados atualmente no SAG, os efeitos das demandas hipotéticas implicariam em rebaixamentos críticos médios de 70 m nos municípios de Barretos, Guaíra, Colina, Pitangueiras e Morro Agudo, onde a estimativa média para que tais rebaixamentos sejam atingidos seriam de 48 anos.

De forma complementar, foram identificadas regiões do SAG na UGRHI 12 onde o rebaixamento dos níveis potenciométricos levariam a prejuízos para a exploração do aquífero, em termos de equipamentos e energia de bombeamento, com criticidade para os municípios de Bebedouro, Colina e Barretos. Uma análise adicional considerando uma redução de 25% nas demandas atuais também foi realizada, onde,

para um período médio de 30 anos, recuperações de até 35 metros nos níveis estáticos poderiam ocorrer na região de Barretos.

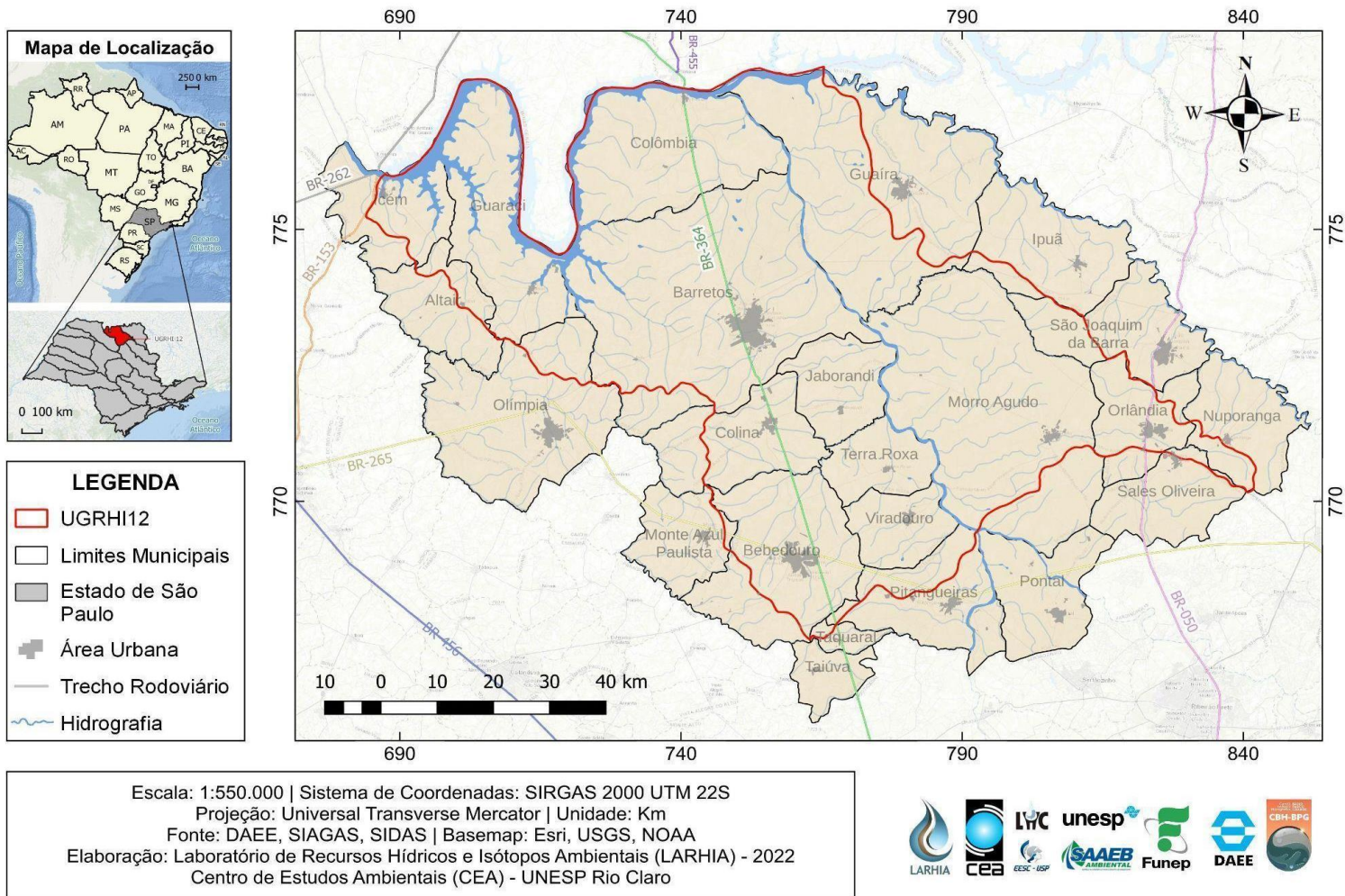


Figura 2.1. Mapa de localização dos municípios que fazem parte da UGRHI 12 e os de entorno que compõem a área de estudo, com destaque para as áreas urbanas dos municípios e as rodovias.

2.2. Objetivos

O presente projeto teve como objetivo geral a elaboração de um estudo hidrogeológico na UGRHI 12, com foco específico na avaliação da utilização das águas subterrâneas do SAG, visando compreender as causas do rebaixamento nos níveis estáticos e dinâmicos do aquífero, que vem sendo observados e relatados por diversos usuários. Além disso, o projeto buscou estabelecer condições de exploração que minimizem os efeitos desse rebaixamento. Como objetivos específicos, podem ser enumerados:

- ✓ A construção de modelo hidrogeológico conceitual para os aquíferos existentes na UGRHI 12, com base em dados geológicos de subsuperfície, hidrogeológicos, hidroquímicos e isotópicos;
- ✓ Estimar os volumes explorados de água subterrânea nos aquíferos na UGRHI 12, com base em dados oficiais;
- ✓ Avaliar a evolução histórica da utilização das águas subterrâneas na UGRHI 12;
- ✓ Estimar parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos presentes na UGRHI 12, especialmente do SAG, com base em ensaios de bombeamento, desde que existam condições para a realização dos ensaios;
- ✓ Elaborar modelo numérico de fluxo que permita estabelecer condições de operação dos poços já perfurados no SAG, minimizando os efeitos da interferência entre poços, bem como estabelecer áreas prioritárias para a perfuração de novos poços;
- ✓ Construir um Sistema de Informações Geográficas com as informações coletadas no projeto, e que possibilite a continuidade de aquisição de informações a respeito do SAG na UGRHI 12, contribuindo dessa forma para a correta gestão das águas subterrâneas.

3. ETAPAS DE TRABALHO E CRONOGRAMA

As atividades desenvolvidas para a consecução do presente estudo, foram estabelecidas visando a compreensão do problema decorrente de exploração das águas subterrâneas do SAG na UGRHI 12, objeto principal do estudo a ser realizado, e são constituídas por uma série de atividades clássicas em estudos hidrogeológicos (Tabela 3.1).

De forma resumida, as atividades propostas serão desenvolvidas em cinco grandes etapas, detalhadas no Plano de Trabalho (Produto 1). Essas etapas são as seguintes:

- ✓ 1ª ETAPA – Plano de Plano de Trabalho (concluída);
- ✓ 2ª ETAPA – Levantamento de dados existentes e diagnóstico hidrogeológico da UGRHI 12 (concluída);
- ✓ 3ª ETAPA – Realização de ensaios de bombeamento e caracterização hidroquímica e isotópica dos aquíferos da UGRHI 12 (concluída);
- ✓ 4ª ETAPA – Elaboração de modelo numérico de fluxo das águas subterrâneas (concluída);
- ✓ 5ª ETAPA – Elaboração de proposta para o estabelecimento de medidas de gestão sustentável das águas subterrâneas, principalmente do SAG, e proposta para delimitação das áreas de restrição prováveis (ARC-PR) ou confirmadas (ARC-CO) e controle da captação e uso das águas subterrâneas nos termos da Deliberação CRH Nº 52 de 15.04.2005 (concluída no presente relatório).

Tabela 3.1. Cronograma de execução.

Etapa	Produto	Descrição Sucinta do Produto	Status
01	Plano de Trabalho	Planejamento para a realização do estudo com indicação da equipe e seu perfil, descrição das atividades a serem realizadas e metodologias propostas, com apresentação de cronograma detalhado de execução	Entregue 15/maio/2021
02	Levantamento e Diagnóstico	<p>Levantamento de informações para a construção do banco de dados a ser utilizado ao longo do projeto. As informações a serem levantadas são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bases cartográficas (topografia, geologia, hidrogeologia, hidrografia, etc) - Dados de poços (perfis construtivos, dados hidrogeológicos, hidroquímicos, etc); - Avaliação preliminar do uso das águas subterrâneas na UGRHI 12; - Levantamento de níveis piezométricos atuais. <p>Os produtos esperados para essa etapa são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mapa Hidrogeológico (escala 1:250.000); - Cadastro de uso de águas subterrâneas com base em dados oficiais; - Modelo hidrogeológico conceitual preliminar (definição de geometria dos aquíferos, superfície piezométricas, vazão, etc); - Estimativas de uso das águas subterrâneas e balanço hídrico preliminar - Definição da malha de amostragem de águas subterrâneas a ser realizada na próxima etapa. 	Entregue <u>Versão 02A</u> (parcial) 17/agosto/2021 <u>Versão 02B (final)</u> janeiro/2022
03	Ensaio de Bombeamento e Caracterização Química/Isotópica	<p>Levantamentos de campo com a realização de ensaios de bombeamento de interferência (se possível), coleta de amostras de água subterrânea para a caracterização hidroquímica e isotópica das águas do SAG e outros aquíferos, coleta de amostras para a determinação das idades utilizando o método 4He</p> <p>Os produtos esperados para essa etapa são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinação dos parâmetros hidráulicos do SAG; - Caracterização hidroquímica e isotópica das águas subterrâneas; - Determinação dos tempos de residência das águas subterrâneas do SAG. 	Entregue <u>Versão 03A</u> (parcial) 5/julho/2022 <u>Versão 03B (final)</u> 30/janeiro/2023
04	Modelo Numérico de Fluxo	<p>Construção do arcabouço hidrogeológico da UGRHI 12 a partir do refinamento do modelo hidrogeológico conceitual preliminar, com a definição das condições de contorno e utilização das águas do SAG</p> <p>Modelagem numérica de fluxo do SAG na área da UGRHI 12, inicialmente em regime permanente visando estabelecer as condições de fluxo originais e posteriormente em regime transiente visando simular as condições atuais de utilização do SAG</p>	Entregue 30/janeiro/2023
05	Estabelecimento das Condições de Exploração	Com base nos resultados das etapas anteriores e da modelagem numérica de fluxo serão estabelecidas as condições de exploração do SAG na UGRHI 12, para os poços em operação e a indicação de áreas específicas para a perfuração de novos poços	Entregue 05/junho/23

3.1. Produtos entregues

As avaliações hidrogeológicas executadas no âmbito deste projeto, previstas no cronograma (Tabela 3.1), foram efetivadas com a entrega dos produtos (relatórios 01, 02A/B, 03A/B e 04).

Como forma de otimizar a busca de resultados específicos dentro dos produtos entregues, as informações referentes a partes específicas dos produtos encontram-se sumarizadas no quadro a seguir (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Sumário dos itens e subitens avaliados no desenvolvimento dos produtos.

Item	Sub-item	Análises	Relatório	Item, páginas	Anexos Associados
<i>Descrição das Características Socioeconômicas</i>	Sistema de Abastecimento Público	Avaliação do volume d'água utilizado para abastecimento público e tipo de abastecimento (superficial e subterrâneo).	R02B	4.1.1, pag. 19-23	
	Densidade Demográfica e Social	Apresentação da população da bacia e de projeções de crescimento populacional.		4.1.2, pag. 23-27	
	Dinâmica Econômica	Atividades econômicas na bacia e PIB dos municípios.		4.1.3, pag. 28-29	
	Uso e Ocupação da Terra	Conversão do uso e ocupação da terra de 1989 a 2019 segundo MapBiomas.		4.1.4, pag. 29-30	
<i>Descrição das Características Físicas</i>	Clima	Variabilidade espacial; definição do clima segundo classificação de Koppen; localização estações meteorológicas na área de estudo.	R02B	4.2.1, pag. 32-33	
	Geomorfologia e Pedologia	Variabilidade espacial; definição da declividade e do tipo de solo.		4.2.2, pag. 34-36	
	Geologia	Variabilidade espacial e descrição do arcabouço geológico.		4.2.3, pag. 37-41	
	Hidrogeologia	Descrição geral dos sistemas aquíferos na área de estudo.		4.2.4, pag. 41-44	
	Hidrografia	Descrição da área de drenagem, principais rios e sub-bacias; valores outorgados e vazões de referência (Q7,10 - Q95 - Q médio).		4.3, pag. 44-49	
<i>Banco de Dados Consultados</i>	SIAGAS	Localização e quantidade de pontos; descrição do tipo e seleção da informação	R02B	5.1.1, pag. 51-53	

Item	Sub-item	Análises	Relatório	Item, páginas	Anexos Associados
	Outorgas DAEE			5.1.2, pag. 54-56	04 - Vazões anuais outorgadas
	SIDAS-DAEE Físico & Digital			5.1.3 & 5.1.4, pag. 57-62	03 - Vazões anuais outorgadas
	Produção Científica			5.1.5, pag. 63-65	01 - Fichas Catalográficas
<i>Diagnóstico do Uso das Águas Subterrâneas</i>	Captações Superficiais	CrITÉRIOS de seleção e cálculo do volume anual acumulado.		5.2.1, pag. 66	02 - Vazões anuais outorgadas
	Captações Subterrâneas	Cálculo do volume anual acumulado por sistema aquífero; distribuição espacial do tipo de captação e uso pretendido; análises gráficas dos volumes; mapas de densidade de vazão de poços.	R02B	5.2.2 & 5.2.3, pag. 67-81	
	Abastecimento de Água	Análise conjunta dos volumes superficiais e subterrâneos captados, também em função do uso.		5.2.4, pag. 82-83	05 - Análise vazões anuais superficial e subterrânea; 06 - Distribuição da vazão outorgada por município
<i>Descrição das Características Hidrogeológicas das Unidades Aquíferas</i>	Geometria	CrITÉRIOS para elaboração e apresentação dos mapas de contorno estrutural e espessura dos sistemas aquíferos.	R02B	5.3.1, pag. 85-96	07 - Valores profundidade de contato e cota de contato
	Hidrodinâmica	Avaliação da capacidade específica e transmissividade dos sistemas aquíferos.		5.3.2, pag. 97-104	10 - Reinterpretação da transmissividade

Item	Sub-item	Análises	Relatório	Item, páginas	Anexos Associados
	Fluxo das Águas Subterrâneas	Avaliação piezométrica dos aquíferos livres e avaliação histórica da piezometria do SAG em T0 (até 1990), T1 (até 2000) e T2 (até 2020).		5.3.3, pag. 105-115	08 - Pziometria dos poços 09 - Poços para mapas potenciométricos T0, T1 e T2 do SAG
	Hidroquímica	Classificação hidroquímica de amostras de águas subterrâneas dos três sistemas aquíferos publicadas em produções científicas.		5.3.4, pag. 116-122	
<i>Estimativa do Balanço Hídrico</i>	Estimativa da recarga das unidades aquíferas livres	Elaborado a partir de equações simplificadas do balanço hídrico e de produtos orbitais da NASA.	R02B	6.1, pag. 122-134	
	Disponibilidade hídrica subterrânea	Balanço hídrico entre a recarga potencial média (2001-2019) e as vazões anuais explotadas nos sistemas aquíferos.		6.2, pag. 135-139	
<i>Descrição das campanhas de amostragem</i>	Campanhas de amostragem	Planejamento e poços amostrados.		4, pag. 17-20	I - Fichas descritivas dos poços
	Procedimentos de coleta	Determinação de parâmetros in situ e especificações da coleta.	R03B & R04	5, pag. 21-22	
	Procedimentos de laboratório	Determinação da alcalinidade, cátions e ânions.		6, pag. 23-24	
<i>Resultados das amostras de águas subterrâneas coletadas</i>	Parâmetros físicos	Apresentação dos parâmetros: pH, condutividade elétrica e temperatura.	R03B & R04	7.1, pag. 26-30	II - Resultados parâmetros in situ
	Parâmetros químicos	Apresentação dos parâmetros: alcalinidade, cálcio, sódio, flúor, nitrato, cloreto, sulfato e elementos traços prejudiciais à saúde.		7.2, pag. 30-39	III - Resultados cátions IV - Resultados

Item	Sub-item	Análises	Relatório	Item, páginas	Anexos Associados
	Isótopos ambientais	Apresentação dos resultados dos isótopos estáveis (oxigênio e hidrogênio), concentrações de trítio (3H) e atividade de carbono (14C).		7.3, pag. 39-47	ânions e isótopos estáveis de oxigênio e hidrogênio
	Classificação Hidroquímica	Análise em conjunto das características hidroquímicas e isotópicas das águas subterrâneas.		7.4, pag. 47-55	
<i>Monitoramento do Nível d'Água do SAG</i>		Resultados do monitoramento de dois poços desativados do SAG.	R03B & R04	8, pag. 56-67	
	Modelo conceitual	Premissas para a solução numérica do fluxo das águas subterrâneas pelo Método dos Elementos Analíticos (MEA).		9.1 & 9.2, pag. 68-72	V - Poços considerados no modelo atual do SAG
<i>Modelo analítico do SAG</i>	Calibração	Ajustes da transmissividade, espessura dos aquíferos e delimitação das áreas heterogêneas.	R03B & R04	9.3, pag. 72-83	
	Projeções futuras de rebaixamento	Simulação do comportamento dos níveis d'água do SAG frente a cenários futuros hipotéticos de incrementos gradativos das outorgas subterrâneas urbanas e rurais.		9.4, pag. 83-97	

4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A elaboração de uma base de dados e informações georreferenciadas e unificadas em um sistema de informação geográfica, ambientado no software ArcGIS, não só possibilitou a análise espacial de dados tabulares, mas também permitiu a sua sistematização cartográfica, exploração e interpretação de dados.

A ferramenta criada para fins de operacionalização das atividades do projeto, converteu-se em um importante produto, com função específica de armazenamento de dados e produtos de forma sistematizada do projeto. Em função do grande volume de informações acumuladas, a compilação e sistematização possibilitou uma melhor recuperação e consulta de informações, reduzindo falhas de duplicidade e reforçando a integridade dos resultados. Esse banco de dados em ambiente de SIG está estruturado de acordo com a tipologia do dado/produto existente, como apresentado na Figura 4.1.

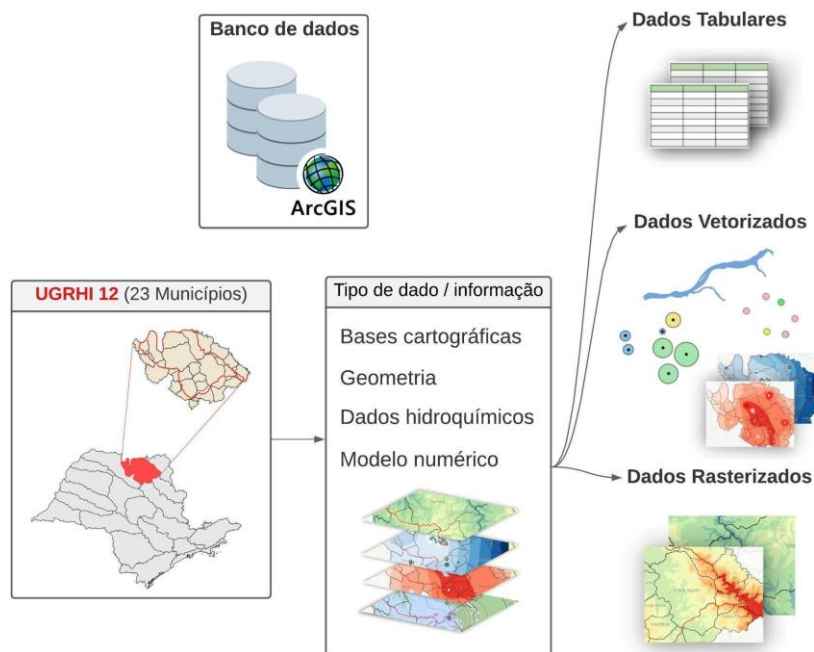


Figura 4.1. Organização do banco de dados em ambiente SIG, por tipo de arquivo e categoria.

As categorias englobam arquivos rasterizados em formato matricial e com informações contínuas do recorte de trabalho que são espacializadas por meio de uma organização em pixel acompanhada de um gradiente de cores (superfícies interpoladas, projeções de cenários, modelos digitais de elevação etc). Também, uma

categoria de dados vetorizados, contendo geometrias de área como limites municipais, áreas urbanas e hidrografias. Neste último caso, também estão incluídos, pontos geolocalizados em conexão com uma estrutura de dados tabulares sobre as análises hidroquímicas, isotópicas, os dados *In situ* e outros registros demonstrados na sistematização geral da Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Organização do banco de dados por tipologia de arquivo.

		Arquivo	Tipo:	
VETORIZADOS	TABULARES	Hidrografia	Shapifile (.SHP)	
		Limites Geográficos		Municipais / Estaduais
				UGRHI-12
				Áreas urbanas
		Estrutura Rodoviária		
				Alcalinidade
				Cátions
				Ânions
				¹⁸ O e ² H
				¹³ C e ¹⁴ C
		³ H		
		Testes de Bombeamento		
		Piezometria - SAG		
	SIAGAS - Outorgas: DAEE (Físico/Digital)			
	Campanhas de amostragem: Dados <i>In Situ</i>	Temperatura, pH e condutividade elétrica		
		Nível da água (Poços monitorados)		
	Produção Científica: Poços consultados			
		Arquivo	Tipo:	
RASTERIZADOS	Geologia - Formação geológica: grupo Bauru e São Bento	GeoTIFF (.tiff)		
	Hipsometria (Modelo Digital de Elevação)			
	Densidade de Kernel: Concentração das vazões anuais por área para as captações no SAB e SASG			
	Balanco hídrico entre a recarga potencial média e as vazões anuais explotadas nos aquíferos livres, SAB e SASG			
			Simulação das cargas potenciométricas	
	Modelo Analítico do SAG na UGRHI-12:		Cones de Rebaixamento Simulados	
	Profundidade estimada para o nível d'água no SAG			

Os produtos gerados e analisados compreendem, em função do produto original ou do resultado esperado, uma gama de escalas que podem variar dependendo de cada caso, todavia é sempre levada em consideração uma escala geográfica regionalizada e que parte da amplitude espacial da UGRHI-12. Acrescenta-se a isso que o sistema de referência geodésica definido foi o SIRGAS 2000, adotado oficialmente como padrão pelo Brasil, assim como a projeção UTM - Universal Transverse Mercator, que secciona o território em 23 zonas distintas. Nesse caso, o projeto abrange uma parcela da secção 23, no entanto a sua maior extensão encontra-se na área 22, razão pela qual esta foi definida como o padrão para os produtos gerados.

Outro ponto adicional a ser destacado é a anexação de metadados no diretório do banco de dados, com informações sobre a hierarquia de pastas e especificidades, sobretudo de arquivos do modelo numérico, referenciando as figuras do relatório correspondentes e incluindo uma breve descrição do conteúdo.

Está sendo entregue uma base de dados no formato Personal Geodatabase, hospedado no software ArcGIS, que irá permitir a recuperação das informações de forma acoplada às predefinições realizadas no projeto, e em complemento, a versão não processada dos arquivos também se torna disponível.

5. LEGISLAÇÃO VIGENTE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

O presente capítulo tem como propósito apresentar uma síntese do marco legal vigente no que diz respeito à gestão das águas subterrâneas no estado de São Paulo, e que irá embasar as principais análises e propostas de ações visando a gestão das águas subterrâneas na UGRH-12.

Nesse sentido, o objetivo da presente revisão não é apenas o de detalhar as normativas, mas o de consolidar suas principais definições que norteiam as propostas de ações apresentadas no âmbito deste projeto (capítulo 6), de maneira que estejam alinhadas com o planejamento dos recursos hídricos do estado e sejam institucionalmente passíveis de implementação.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) confere o domínio sobre os recursos hídricos aos estados federados e à União, atribuindo a esses entes a manutenção da infraestrutura e políticas institucionais (VILLAR; HIRATA, 2022). A gestão dos recursos hídricos no país foi definida na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei 9.433 de 1997) e implementada pela Agência Nacional de Águas (ANA).

No âmbito estadual, a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 7.663 de 1991) define o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH, Lei 16.337 de 2016), que estabelece as diretrizes para a elaboração, implementação e monitoramento do PERH; promove ações para o gerenciamento, recuperação e proteção da qualidade dos recursos hídricos; e prevê o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, que deve assegurar os meios financeiros e institucionais estatais para execução do PERH.

O PERH 2020-23 do estado de SP propõe ações e cria programas específicos com implementação no quadriênio, com prospecções a médio (2024-35) e longo prazo (até 2050), também por meio de Programas de Duração Continuada (PDC). O PERH para o quadriênio 2024-27 encontrava-se em atualização na publicação deste relatório.

O arranjo institucional da gestão das águas subterrâneas em SP é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH). Ambos os comitês constituem órgãos colegiados, de caráter consultivo e deliberativo, composto por representantes da sociedade civil, do poder público e de usuários d'água, e dentre suas múltiplas atribuições destaca-se a implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

Dentre estes instrumentos, a deliberação CRH n°52 de 15 de abril de 2005 institui, no âmbito do SIGRH, os procedimentos e diretrizes para a delimitação de Áreas de Restrição e Controle (ARC) da captação e uso das águas subterrâneas, estabelecidas com o apoio de estudos hidrogeológicos. Estas áreas são classificadas entre Potenciais (ARC-PO), Prováveis (ARC-PR) e Confirmadas (ARC-CO) de Restrição e Controle, o que as diferencia é o diagnóstico da superexploração e/ou da contaminação das águas subterrâneas.

Para delimitar ARC-PO é necessário a identificação inicial, com indicação da superexploração. As ARC-PR deverão constituir ARC-PO previamente definidas, onde executou-se diagnóstico hidrogeológico de detalhe, tendo como guia as instruções da deliberação CRH n°259 de 16 de dezembro de 2021, e são observados indícios de superexploração. Após investigação confirmatória em ARC-PR estabelecidas, quando delimitada a superexploração ou contaminação das águas subterrâneas, estas áreas serão estabelecidas como ARC-CO. As áreas prováveis devem ser priorizadas às áreas potenciais na adoção de medidas de restrição e controle, e as ARC-CO priorizadas ante a todas.

As ARC-PO devem ser reconhecidas por meio de parâmetros hidrogeológicos, avaliados isoladamente ou em conjunto. A deliberação CRH n° 52 sugere a avaliação da densidade de poços, análise das vazões exploradas, escoamento básico e específico, qualidade da água e cadastro de fontes de poluição. Enquanto os critérios para a execução de diagnóstico hidrogeológico de detalhe comprobatório para delimitação de ARC-PR são definidos na deliberação CRH n°259 de 2021. A definição de ARC-CO deve ser embasada por estudos específicos quantitativos e qualitativos das águas subterrâneas, determinados caso a caso em conjunto com o CBH.

Os procedimentos e diretrizes da deliberação CRH n°259 de 2021, bem como o roteiro para execução de diagnóstico hidrogeológico de detalhe nas ARC-PO, levam em consideração a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do estado, previsto na Lei Estadual n° 6.134 de 1988 e seu decreto n° 32.955/1991; a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, prevista na Lei Estadual n° 13.577 de 2013 e seu decreto n° 59.263 de 2016; os valores orientadores de qualidade e prevenção do solo e águas subterrâneas definidos pela decisão de diretoria da CETESB n° 256 de 2016; o Plano de Ação e Programa de Investimento (PA/PI) do PERH (2020-23) do estado, a médio e longo prazo; e as 23 ARC-PO indicadas pelo Atlas de Águas Subterrâneas de SP (DAEE; UNESP, 2013), que determina a priorização de ações nos 82 municípios que englobam estas áreas e também nos municípios em estresse hídrico.

O Atlas (DAEE; UNESP, 2013) classifica toda a Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo/Grande (UGHRI-12) como uma região em estresse hídrico e identifica ARC-PO em dois municípios diretamente vizinhos e parcialmente inseridos na bacia, em Olímpia e Monte Azul Paulista.

A deliberação CRH n°259 de 2021 prevê que os diagnósticos hidrogeológicos de detalhe deverão ser estruturados em cinco módulos de execução. No primeiro módulo, deve ser realizado o levantamento de dados e das bases cartográficas, para elaboração de mapas temáticos. Na sequência, deve ser realizada a caracterização da geologia e hidrogeologia, com a delimitação da geometria hidroestratigráfica e dos fatores que influenciam a infiltração, o armazenamento, o fluxo e a qualidade d'água, de modo a subsidiar um Modelo Conceitual de Fluxo. O terceiro e quarto módulo de execução devem avaliar a quantidade e a qualidade da água subterrânea, respectivamente.

A determinação da quantidade deverá compreender a estimativa das parcelas de água que irão compor o balanço hídrico, como a estimativa da recarga, das reservas (renováveis, permanente e explorável), da demanda e da disponibilidade hídrica efetiva. É imprescindível que o balanço hídrico preveja o zoneamento das demandas e da recarga, incorporando as heterogeneidades hidrogeológicas, os perfis dos usuários, distintos usos e ocupação da terra e seja capaz de direcionar ações

efetivas de gestão. A avaliação da qualidade deverá prever a caracterização hidrogeoquímica natural e a indicação do perigo de contaminação das águas subterrâneas, definido como a combinação de indicadores de vulnerabilidade e do potencial gerador de carga contaminante pela deliberação CRH n° 259. Por fim, no quinto módulo, devem ser apresentadas medidas específicas de gestão dos recursos hídricos, que incluam propostas técnicas de controle e restrição do uso d'água, programas de monitoramento do nível d'água subterrânea e programas de participação social de usuários na gestão dos recursos hídricos.

A escala de trabalho para o diagnóstico hidrogeológico e a execução dos módulos deverá ser proporcional a sua área de abrangência: áreas maiores que 500 km² sugere-se escala de 1:100.000 a 1:200.000 e áreas menores que 500 km² sugere-se escala de detalhe maior que 1:100.000.

A delimitação de ARC e medidas de gestão poderão ser propostas pelos órgãos gestores de recursos hídricos (DAEE), de controle ambiental (CETESB) e da saúde (Secretaria de Saúde), assim como pelas Câmaras Técnicas e Agências de Bacia do respectivo CBH, e por meio do Plano de Bacia. Todas as propostas deverão ser submetidas ao CBH e, quando não previstas no Plano de Bacia, devem ser discutidas em audiências públicas, com os usuários e municípios envolvidos, anteriormente à sua aprovação. As ARC aprovadas devem ser implementadas por meio de deliberações específicas do CBH ou por inclusão no Plano de Bacia.

Dentre as ações que podem ser adotadas nas ARC, a deliberação CRH n°52 de 2005 destaca a proibição de novas captações até a recuperação comprovada por monitoramento dos níveis d'água no aquífero; a restrição e regulamentação de captações, estabelecendo o volume máximo a ser extraído, o regime de operação da extração e os tipos de usos admissíveis; a revogação de outorgas de direito de uso; o controle de fontes poluidoras existentes e restrição da implantação de novas atividades potencialmente poluidoras. Todas as ações propostas devem respeitar as prioridades de uso e ordenamento das atividades definidas no Plano de Bacias e, quando ausentes, ao PERH do estado.

6. DELIMITAÇÃO DAS ZONAS PRIORITÁRIAS DE AÇÕES (ZPA) PARA A UGRHI 12

Considerando os procedimentos e critérios estabelecidos nas deliberações CRH nº52 de 2005 e CRH nº259 de 2021 e as análises hidrogeológicas desenvolvidas neste projeto, sumarizadas nos capítulos 3 e 4 deste relatório, e considerando-se que os pré-requisitos para o estabelecimento claro de restrições ao uso de água subterrânea na UGRHI 12, são propostas delimitações de zonas definidas como prioritárias para a implementação de ações de controle (ZPA – Zonas Prioritárias de Ações) em relação à captações e usos das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Bauru, Serra Geral e Guarani na UGRHI 12.

Ainda que os principais problemas observados estejam em muitos casos restritos às zonas urbanas dos municípios, como forma de oferecer um limite físico com repercussão ampla, a delimitação dessas zonas utilizou como referência os limites municipais.

6.1. Sistemas Aquíferos Bauru e Serra Geral

A partir dos levantamentos hidrogeológicos, e suas interpretações, executados ao longo do projeto, foram identificadas situações locais em que se verificou a superexploração das águas subterrâneas dos aquíferos livres (Figura 6.1A), devido ao excessivo número de poços concentrados em pequenas áreas; influência da variabilidade dos regimes climáticos sobre a recarga dos aquíferos, com uma tendência de decréscimo nos excedentes hídricos, que podem impactar diretamente na disponibilidade de água destes aquíferos (Figura 6.1B); e a presença de elementos químicos indicativos da contaminação das águas subterrâneas (nitrito e flúor, figura 6.2C), em concentrações superiores aos Valores Máximos Permitidos (VMP) da Portaria de Consolidação nº5 de 03/10/17, do Ministério da Saúde.

Nesse sentido, a delimitação das ZPA foi embasada na distribuição espacial dos impactos identificadas e também considerou as áreas contaminadas (CETESB, 2020, figura 6.2D), principalmente as duas de risco confirmado (ACRi) localizadas em

Bebedouro, associada a um aterro sanitário encerrado na área rural, e em Guaiúra, associada a um posto de gasolina na área urbana.

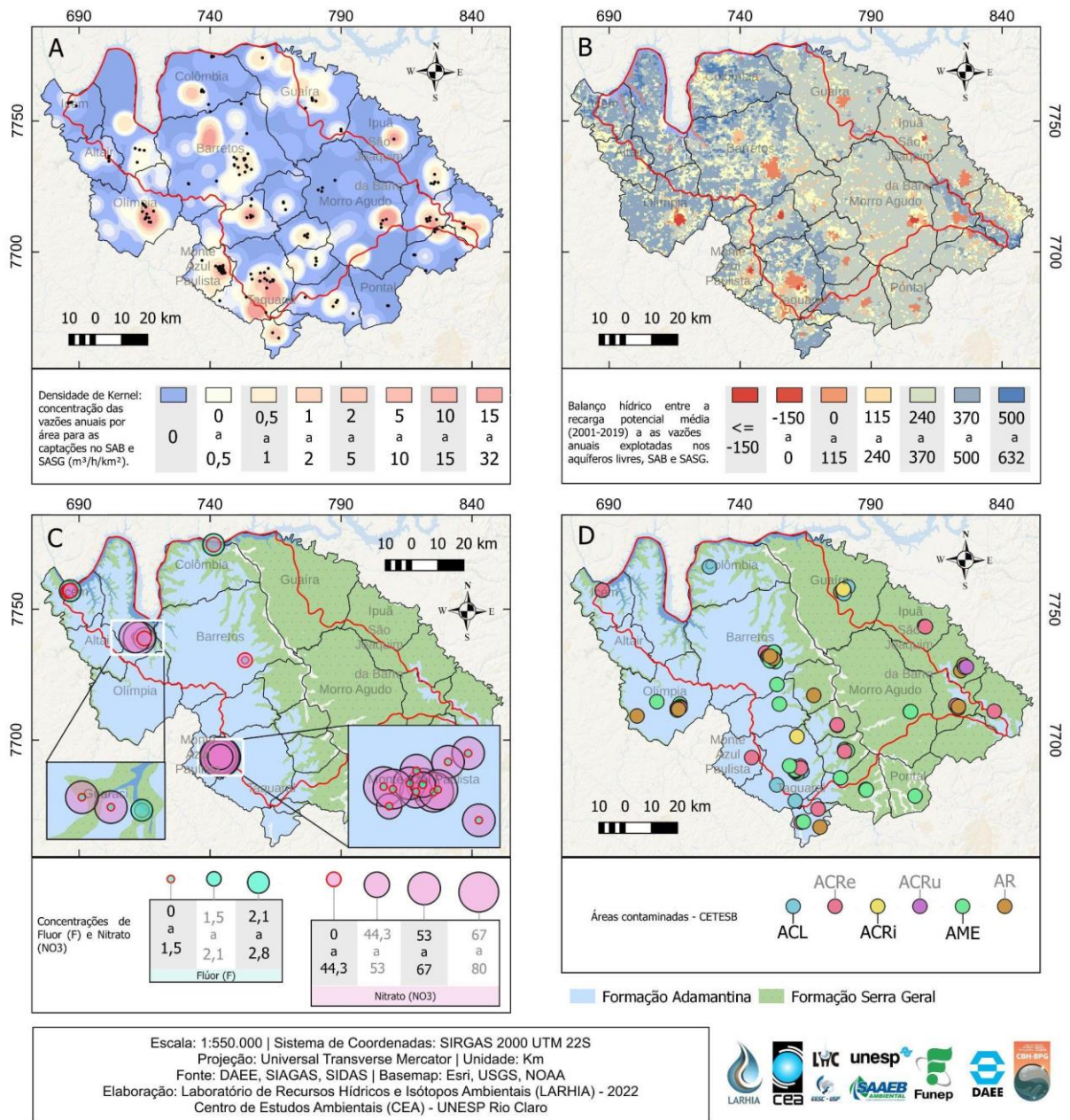


Figura 6.1. Síntese dos impactos observados nos aquíferos livres: (A) densidade da vazão de poços; (B) balanço hídrico; (C) amostras com concentração de NO₃ e F acima do VMP pela portaria nº5/2017; e (D) áreas contaminadas segundo relatório da CETESB (2020). Siglas das áreas contaminadas classificadas pela CETESB são: Área Contaminada sob Investigação (ACI); Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe); Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRI); Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu); Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME); e Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR).

Assim, foram definidas quatro ZPA para os aquíferos livres (Figura 7.1A):

- ✓ ZPA I: Identificação de indícios definitivos da superexploração e/ou contaminação dos aquíferos: áreas urbanas; municípios com densidade de vazão dos poços superior a $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$; municípios em que foram amostrados poços que apresentaram concentrações acima do VMP de NO_3 ($> 44,3 \text{ mg L}^{-1}$) e F ($> 1,5 \text{ mg L}^{-1}$); e municípios com áreas contaminadas de risco confirmadas pela CETESB.
- ✓ ZPA II: Identificação de indícios robustos de superexploração dos aquíferos: municípios com vazão acumulada dos poços entre 12 e $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$;
- ✓ ZPA III: Identificação de indícios moderados de superexploração dos aquíferos: municípios com vazão acumulada dos poços entre 7 e $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$;
- ✓ ZPA IV: Identificação de indícios tênues de superexploração dos aquíferos: municípios com vazão acumulada dos poços inferior a $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$.

Na ZPA I ações prioritárias devem ser tomadas, seguida pelas demais zonas sequencialmente. Nesta zona, devem ser incluídas todas as áreas urbanas, uma vez que são onde se concentram as principais fontes poluidoras da água e do solo, associada principalmente a postos de gasolina (CETESB, 2020), bem como as maiores extrações, e que a impermeabilização do solo impede a recarga pela precipitação.

Nessa zona encontram-se os municípios de Barretos, Bebedouro, Colina, Morro Agudo e Olímpia, que apresentam densidade de vazões superiores a $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$, com grande adensamento da vazão de poços, que se estende para as áreas rurais; e o município de Guaíra que, apesar de apresentar densidade de vazão de poços próximo a $14 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$, a CETESB declara a existência de uma área contaminada com risco confirmada no município, associada a um posto de gasolina.

Em relação à qualidade das águas subterrâneas podem ser enquadrados os municípios de Guaraci, Icém e Colômbia, o primeiro devido à presença de duas amostras distintas com concentração de NO_3 e um amostra com concentração de F superiores a normativa, enquanto os dois últimos devido a presença de quatro e uma amostras com concentração de F superior a normativa, respectivamente.

Também há a possibilidade de contaminação em Monte Azul Paulista em quinze amostras por NO_3 e em uma amostra em Barretos por F. No caso de Monte Azul Paulista não foi incluído na primeira zona por ser um município que não faz parte da UGRHI 12 e por constituir de um conhecido estudo de caso detalhado por Montanheiro (2014).

Na segunda zona, foram alocados os municípios Monte Azul Paulista, Orlândia, Sales Oliveira e Terra Roxa. Na terceira zona, os municípios Ipuã, Nuporanga e Taiúva. Na quarta e última zona, os municípios Altair, Jaborandi, Pitangueiras, Pontal, São Joaquim da Barra, Taquaral e Viradouro.

6.2. Sistema Aquífero Guarani

A análise conjunta de dados hidrodinâmicos, hidroquímicos e isotópicos do SAG na UGRHI 12, permitiram identificar fluxos regionais com direção preponderante de leste a oeste, e águas subterrâneas com tempos de residência superiores a 22.000 anos. Os fluxos regionais foram inferidos a partir de informações que apontam para valores menores de condutividade hidráulica e menor mineralização na porção da bacia situada nas proximidades das áreas de afloramento das unidades do SAG, localizados a leste da UGRHI 12 (Figura 4.5 - R02B), em contraposição as características observadas na porção oeste da UGRHI, onde o SAG encontra-se confinado. As concentrações dos elementos químicos indicativos de contaminação foram inferiores aos máximos permitidos (VMP), com exceção de ocorrências de F no município de Colômbia.

Considerando os elevados tempos de residência e a boa qualidade das águas subterrâneas do SAG na UGRHI 12, a delimitação das ZPA foi embasada na identificação de rebaixamentos excessivos, característicos da superexploração a qual o SAG é submetido, bem como com base nas simulações realizadas por meio do modelo analítico, que indica regiões em que a superexploração terá seus efeitos potencializados no futuro. Os resultados das simulações realizadas são apresentados de forma resumida nas Figura 6.2 (Cenário T2) e Figura 6.3 (Cenários Futuros - R03B/item 9.4), e Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Rebaixamentos médios e máximos obtidos nas simulações realizadas pelo modelo analítico, e respectivos volumes acumulados extraídos, juntamente com a estimativa em anos.

Cenário	Rebaixamento médio (m)	Exploração total (m ³ /h)	Rebaixamento máximo (m)	Exploração máxima* (m ³ /h)	Período em que rebaixamentos seriam atingidos (anos)
T2	90	10.465	128 ^c	1.400 ^c	situação atual
C01	26 ^t	13.115	28 ^{b,c,g,p,m}	3.809 ^b	29 ^t
C02	52 ^t	15.765	57 ^{b,c,g,p,m}	4.075 ^b	45 ^t
C03	80 ^t	18.415	84 ^{b,c,g,p,m}	4.340 ^b	54 ^t
C04	105 ^t	21.065	112 ^{b,c,g,p,m}	4.606 ^b	61 ^t

* referente ao município com rebaixamento máximo

^c município de Colina

^b município de Barretos

^g município de Guará

^p município de Pitangueiras

^m município de Morro Agudo

^t a partir do cenário atual T2

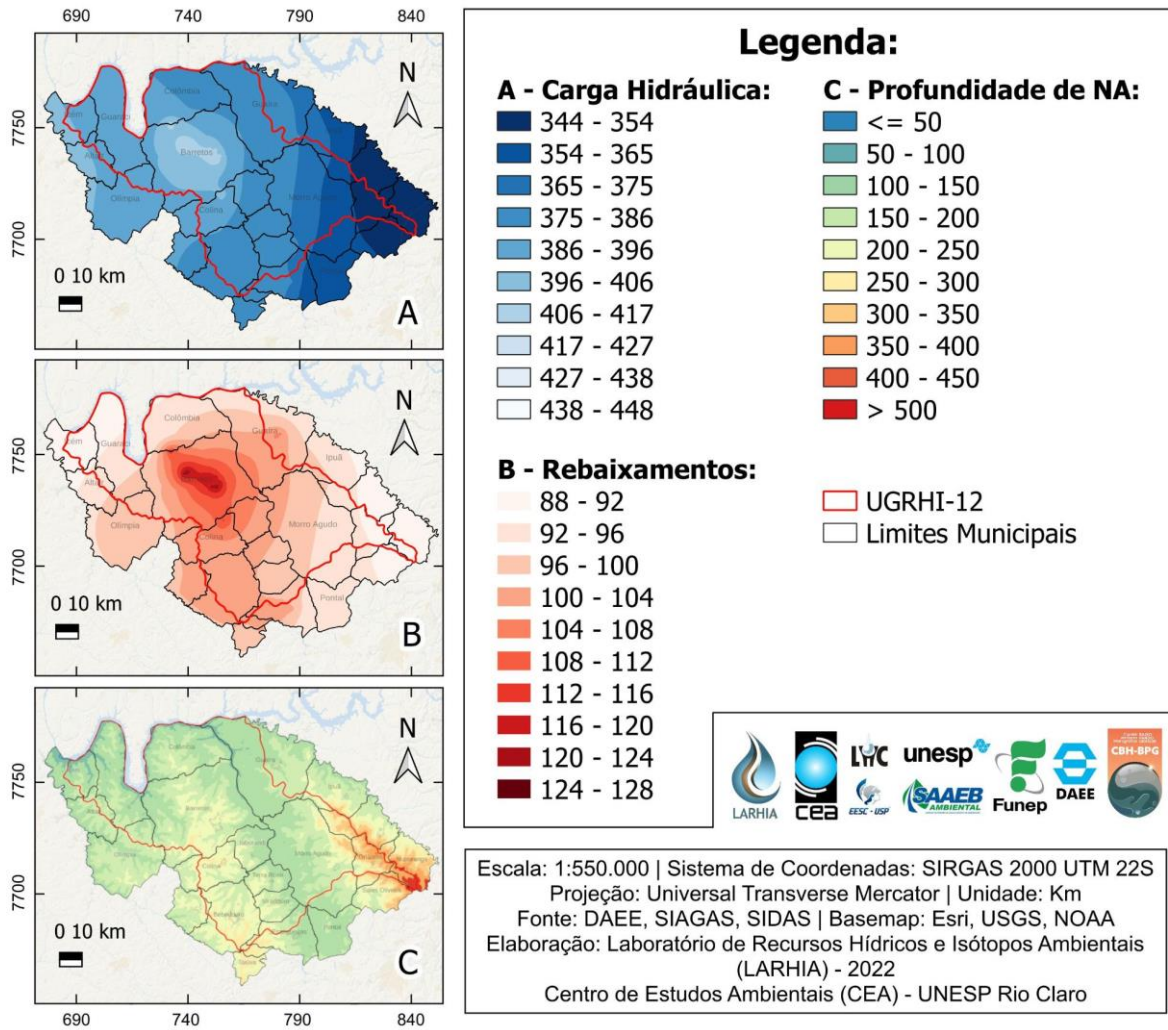
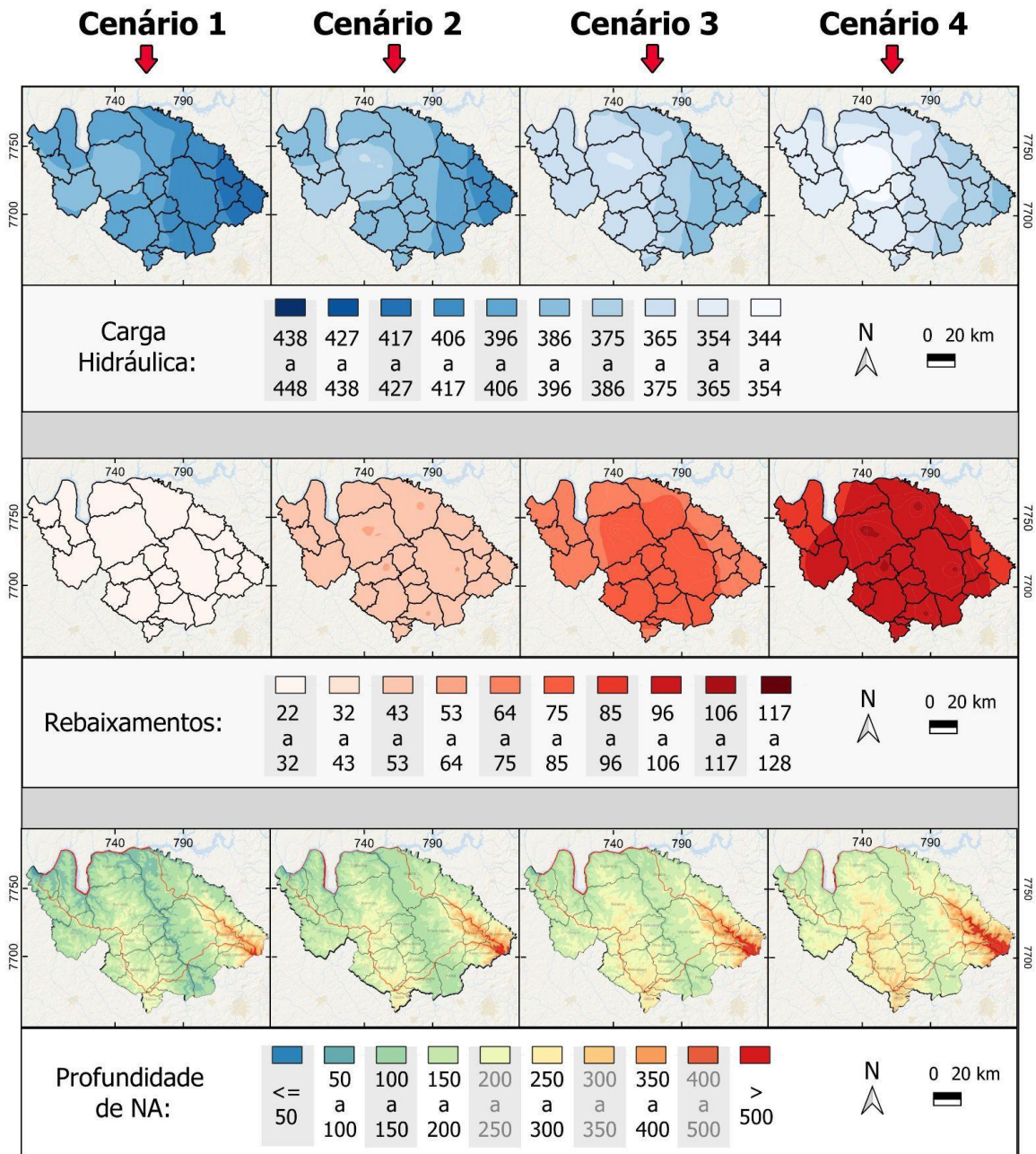


Figura 6.2. Resultados do modelo analítico para o Cenário T2 (situação atual): (A) cargas hidráulicas; (B) rebaixamentos e (C) profundidade do NA.



Escala: 1:550.000 | Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator | Unidade: Km
 Fonte: DAEE, SIAGAS, SIDAS | Basemap: Esri, USGS, NOAA
 Elaboração: Laboratório de Recursos Hídricos e Isótopos Ambientais (LARHIA) - 2022
 Centro de Estudos Ambientais (CEA) - UNESP Rio Claro



Figura 6.3. Resultados do modelo analítico para cenários futuros (R03B/item 9.4) em termos de cargas hidráulicas, rebaixamentos e profundidade do NA.

Assim, da mesma forma que para os aquíferos livres, foram definidas quatro Zonas Prioritárias de Ação para o aquífero confinado (Figura 7.1B):

- ✓ ZPA I: Identificação de indícios definitivos da superexploração do aquífero: municípios onde foram identificados rebaixamentos entre 100 e 125 m no período entre 2010-2022 (situação atual); e densidade de vazão de poços superior a $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$;
- ✓ ZPA II: Identificação de indícios robustos de superexploração do aquífero: municípios nos quais foram identificados, com base nas simulações de fluxo e no cenário hipotético de crescimento das extrações (C01), rebaixamento a partir da situação atual (2010-2022) de 20 m, a serem atingidos em até 30 anos;
- ✓ ZPA III: Identificação de indícios moderados de superexploração do aquífero: municípios nos quais foram identificados cones de rebaixamento a partir da situação atual (2010-2022) de 50 m, a serem atingidos em até 45 anos (cenário hipotético de crescimento das extrações C02);
- ✓ ZPA IV: Identificação de indícios tênues de superexploração do aquífero e municípios inter-bacias: municípios nos quais foi identificada pouca influência dos cones de rebaixamento, devido a bombeamento nos municípios vizinhos, nos próximos 60 anos; e municípios interbacias, alguns não estão inclusos na UGRHI 12 (demais cenários hipotéticos de crescimento das extrações C03 e C04).

A ZPA I engloba os municípios em que se observam as maiores concentrações de poços e conseqüentemente as maiores extrações, principalmente em áreas urbanas, e municípios em que foram observados maiores rebaixamentos no cenário atual (entre 2010-2022). Estão situados nessa zona os municípios de Barretos, Bebedouro e Guaíra devido a observação de densidades de exploração máxima dos poços superior a $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$, com aproximadamente $41 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$, $29 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e $22 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$, respectivamente. Apesar do município de Colina apresentar uma densidade de vazão máxima inferior, com aproximadamente $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$, são observados os efeitos de interferência devido aos rebaixamentos observados em Barretos, com valores modelados de 125 m rebaixados na região, o que resultou em sua inclusão na zona prioritária I, conforme pode ser observado na Figura 6.2B.

Os impactos observados na ZPA I também podem ser identificados em termos de carga hidráulica, na Figura 6.2A. O rebaixamento simulado mostra a profundidade do nível d'água para a situação atual (Figura 6.2C), o que traria possíveis prejuízos para a exploração do aquífero, uma vez que profundidades de nível d'água próximas aos 400 metros, como observado nas regiões de Bebedouro, Colina e Barretos, causariam um aumento no consumo de energia para o bombeamento da água.

As ZPAs II a IV consideram apenas efeitos futuros, entretanto devido a criticidade de possíveis impactos acumulados, analisados em conjunto com a exploração atual, ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos da UGRHI 12 devem também ser tomadas para essas zonas. Na ZPA II são incluídos os municípios Colômbia, Jaborandi, Morro Agudo, Pitangueiras, Taquaral e Terra Roxa, diretamente afetados pelos efeitos da exploração dos municípios da ZPA I, pois são limítrofes, e para os quais os incrementos hipotéticos nos rebaixamentos, simulados no cenário C01, principalmente nos municípios de Barretos e Bebedouro, assim como nos próprios municípios enquadrados na ZPA II, resultam em impactos considerados robustos no SAG (Figura 6.3 - Cenário 1)

Na ZPA III são incluídos os municípios de Viradouro, diretamente impactado pelas explorações em Barretos e Bebedouro, e Orlândia, devido a expansão dos efeitos acumulados de possíveis aumentos nas extrações dos municípios em questão (Figura 6.3, Cenário 2). Na ZPA IV estão os demais municípios: Altair, Guaraci, Icém, Ipuã, Monte Azul Paulista, Nuporanga, Olímpia, Pontal, Sales de Oliveira, São Joaquim da Barra, e Taiúva. Nesta zona os impactos são tênues, tanto em termos de rebaixamentos, quanto em tempo os quais serão atingidos, mas estão diretamente ligados aos efeitos sobrepostos definidos na ZPA I, expandidos para toda a UGRHI 12 (Figura 6.3, Cenários 3 e 4).

7. PROPOSTA DE AÇÕES

Em função do cenário presente e das projeções futuras relacionadas à utilização de águas subterrâneas na UGRHI 12, é importante a adoção de medidas de controle na captação e uso desse importante recurso natural.

A etapa de diagnóstico hidrogeológico e a modelagem do fluxo das águas subterrâneas do SAG, subsequente, desenvolvidos no âmbito deste projeto indicou localmente a criticidade do recurso, considerando os aspectos qualiquantitativos, e considerando-se a preservação e sustentabilidades dos recursos naturais, destacando-se os recursos hídricos; a gestão integrada e a governança das águas subterrâneas; as instruções normativas estaduais e nacionais dos recursos hídricos; o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 06 da ONU, sobre o acesso à água limpa e saneamento, é premente a proposição de ações institucionais e operacionais consideradas relevantes para a desaceleração e mitigação parcial dos impactos ambientais observados nos aspectos quantitativos e qualitativos das águas subterrâneas na UGRHI 12.

É importante pontuar que as consequências dessas ações impactarão toda a sociedade, com efeitos não imediatos distribuídos heterogeneamente na bacia. Os resultados das ações deverão ter sua eficácia comprovada por meio do monitoramento de indicadores, de maneira a permitir a implementação de medidas mais adequadas caso não sejam observadas melhorias.

A proposta das ações foi inspirada em orientações da ABNT NBR ISO 14001:2015, que apresenta uma abordagem sistemática internacional para a gestão ambiental de organizações. A ISO 14001 implementa a gestão sustentável através de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), que têm como objetivo guiar ações institucionais que priorizem a proteção do meio ambiente e permitam uma resposta às mudanças das condições ambientais, considerando o equilíbrio com as demandas socioeconômicas.

Esta abordagem pode ser adaptada à Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), sendo capaz de fornecer suporte a tomada de decisões, por meio de ferramentas de planejamento ambiental, que permitem a classificação da ordem de

prioridade de implementação de ações, com a execução do Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA). Destaca-se que esta é uma metodologia entre muitas voltadas a gestão sustentável de recursos naturais, que requer maior desenvolvimento do ponto de vista conceitual e de exequibilidade.

Assim, foi criado de um sistema de ranqueamento, com a atribuição de pontuação a critérios que descrevem o impacto ambiental, sendo propostas ações para sua mitigação em atributos. Foram definidos os atributos: situação, severidade, abrangência, aquífero, usuário-alvo, ZPA referente, atuação e frequência da ação (Tabela 7.1). Os impactos ambientais e as ações propostas são avaliados em função de atributos e critérios compartilhados.

Tabela 7.1. Definição dos atributos e descrição e pontuação dos critérios adotados.

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO
Situação	Estágio ou previsão do impacto no tempo.	Atual (A)	Alteração que se encontra em desenvolvimento.	10
		Futura (F)	Alteração que poderá se desenvolver.	5
Severidade	Magnitude do impacto, tendo em vista os potenciais consequências hídricas, ambientais e socioeconômicas.	Baixa (B)	Resulta em consequências suaves em atividades econômicas e para a população	5
		Média (M)	Resulta em consequências moderadas em atividades econômicas e para a população	10
		Alta (A)	Resulta em consequências extremas em atividades econômicas e para a população	20
Abrangência	Dimensão da área de influência do fenômeno.	Local (LO)	Áreas urbanas e áreas que representam situações isoladas e/ou limitadas.	5
		Regional (RE)	Municípios, bacias e sub-bacias.	10

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO
Aquífero	Definição hidrogeológica da condição do aquífero em relação à superfície.	Livre (LI)	Referente ao SAB e SASG.	5
		Confinado (C)	Referente ao SAG.	10
Usuário-alvo	Definição do usuário prioritário a que a ação é indicada. Devem ser definidos pelo Comitê em conjunto com o usuário e, por isso, não é atribuída pontuação (*).	Rural (RU)	Usuários fora da área urbana, que utilizam águas subterrâneas majoritariamente para irrigação e outras atividades agrícolas.	(*) Não se aplica.
		Urbano (U)	Usuários dentro da área urbana, que utilizam águas subterrâneas majoritariamente para abastecimento público.	
		Industrial (IN)	Usuários que utilizam águas subterrâneas em processos industriais.	
Zonas Prioritárias de Ação (ZPA)	Identificação das zonas prioritárias de ação em que deverá ser priorizada a ação.	Livre (LI)	ZPA identificadas para o SAB e SASG.	Definido pela zona, segundo Tabela 7.3.
		Confinado (C)	ZPA identificadas para o SAG.	
Momento da ação	Período de planejamento e implementação da ação proposta.	Presente (PR)	Ações realizadas atualmente ou que deverão ser iniciadas a curto prazo.	20
		Médio Prazo (MP)	Ações que devem ser implementadas a médio prazo (2024-2035).	10
		Longo Prazo (LP)	Ações que devem ser implementadas a longo prazo (até 2050).	5
Frequência	Frequência temporal do monitoramento das ações e da atualização da informação.	Rotina (RO)	Monitoramento de rotina diário, semanal ou quinzenal.	20
		Semestral (S)	Atualização a cada seis meses.	10
		Anual (A)	Atualização a cada doze meses.	5

Para a aplicação da metodologia, inicialmente é realizada a classificação dos impactos ambientais em função dos atributos definidos (situação, severidade e abrangência), que resultam em uma pontuação final posteriormente associada a classificação das ações propostas (impacto ambiental associado). A pontuação final será a soma de todos os pontos atribuídos aos atributos; quanto maior o impacto, maior será sua pontuação e, conseqüentemente, necessária e priorizada a adoção de medidas.

Na classificação das ações, são considerados o impacto ambiental associado e os atributos aquíferos, abrangência, atuação, frequência, usuário alvo e a ZPA. Além disso, foram definidas duas regras específicas para a pontuação dos atributos impacto ambiental associado e ZPA, que visam considerar a sobreposição de impactos e adoção de ações globais que deverão ser implementadas em toda a bacia. Nestes casos, quando forem identificados todos os impactos ambientais associados e todas as ZPA, atribui-se 50 pontos para cada. Nos demais casos, deve-se utilizar a pontuação de maior valor entre os impactos ambientais associados e as ZPA, separadamente para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG). A pontuação final será a soma de todos os pontos atribuídos. A integração entre a pontuação final dos impactos ambientais associados na classificação das ações, permite ranquear a prioridade de tomada de ações que diminuam as conseqüências negativas observadas e previstas.

A seguir, é apresentado o preenchimento da ferramenta para o contexto hidrogeológico da UGRHI 12, sequencialmente a pontuação atribuída às ZPAs propostas; a classificação dos impactos ambientais; e a classificação das ações.

Os impactos ambientais foram identificados a partir dos resultados das avaliações hidrogeológicas executadas neste projeto, que são associados a aspectos qualitativos e quantitativos das águas subterrâneas, assim como sugere as premissas da gestão das águas subterrâneas segundo a deliberação CRH nº259/2021. As ações propostas buscam atuar sobre mais de um impacto ambiental e ZPA.

É importante destacar que este produto deve ser constantemente aperfeiçoado devido a mudanças de cenários, que podem levar a inclusão de novos atributos e

propostas de ações e revisado e aprovado periodicamente, principalmente no que se refere aos sistemas de pontos. Esta tarefa deve ser encarregada ao comitê de bacias, em conjunto com o DAEE e demais entidades municipais e usuários, focado na realização dos objetivos do Plano de Bacia.

7.1. Ranqueamento das ZPA

A definição das ZPAs aborda o SAB e SASG (livres) separadamente do SAG (confinado), em função de suas diferenças hidrogeológicas intrínsecas, associadas principalmente ao tipo de aquífero, às condições de fluxo (local e regional) e ao tempo de residência das águas subterrâneas na bacia. As ZPAs propostas para cada município são resumidas na Tabela 7.2 e ilustradas na Figura 7.1.

Tabela 7.2. ZPAs propostas dos aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG) para cada município e relação dos municípios com UGRHIs vizinhas.

Município	Relação com UGRHIs vizinhas	Livres	Confinado
Altair*	Área rural parcialmente na U15	IV	IV
Barretos*	Área rural parcialmente na U15	I	I
Bebedouro*	Área rural parcialmente na U15	I	I
Colina*	Área rural parcialmente na U15	I	I
Colômbia*	Não se aplica	I	II
Guaíra*	U08, possui representantes no CBH-BPG U12	I	I
Guaraci*	Não se aplica	I	IV
Icém*	Área rural parcialmente na U15	I	IV
Ipuã	U08, área rural parcialmente na U12	III	IV
Jaborandi*	Não se aplica	IV	II
Monte Azul Paulista	U15, área rural parcialmente na U12	II	IV
Morro Agudo*	Área rural parcialmente na U04	I	II
Nuporanga	U08, área rural parcialmente na U12	III	IV
Olimpia	U15, área rural parcialmente na U12	I	IV
Orlândia*	Área rural parcialmente na U04 e U08	II	III
Pitangueiras*	U09, possui representantes no CBH-BPG U12	IV	II
Pontal	U09, área rural parcialmente na U12 e U04	IV	IV
Sales Oliveira	U04, área rural parcialmente na U12	II	IV
São Joaquim da Barra	U08, área rural parcialmente na U12	IV	IV
Taiúva	U15, área rural parcialmente na U9	II	IV
Taquaral	U09, área rural parcialmente na U12	IV	II
Terra Roxa*	Não se aplica	III	II
Viradouro*	Não se aplica	IV	III

*municípios que compõem a UGRHI 12, oficialmente ou por meio de representantes no CBH-BPG. Quando o município não apresenta a totalidade do seu território na UGRH-12, é indicada a UGRHI em que ele também se encontra pela letra U seguida do número da UGRHI.

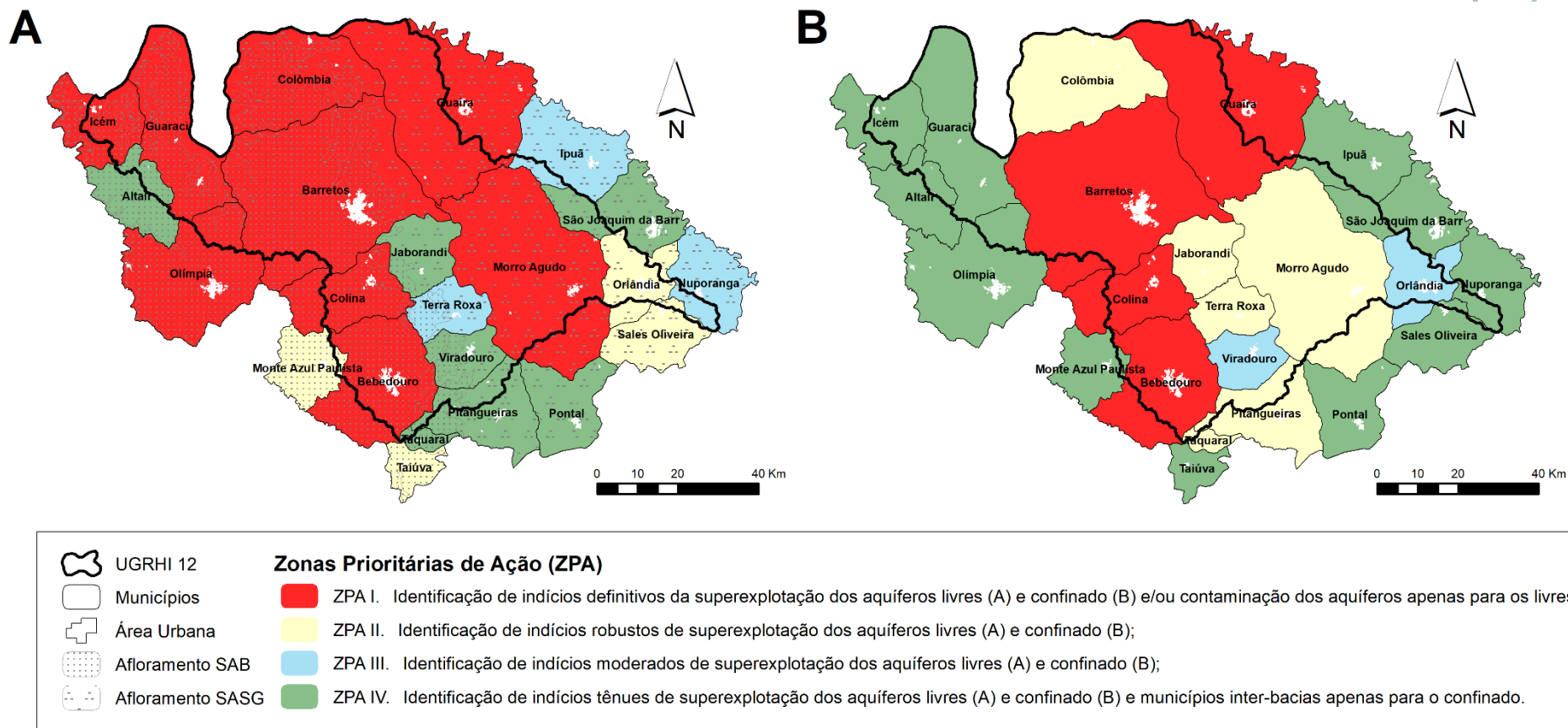


Figura 7.1. Distribuição das ZPAs dos aquíferos livres (A) e confinado (B) para cada município.

A pontuação atribuída busca representar a hierarquia das ZPAs para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG) propostas, priorizando ações para cada uma das zonas em que são observados indícios mais definitivos de superexploração das águas subterrâneas.

Tabela 7.3. Pontuação atribuída às ZPA propostas para os aquíferos livres (SAB SASG) e confinado (SAG).

ZPA		CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO
Livre (LI): SAB e SASG	I	Identificação de indícios definitivos da superexploração e/ou contaminação dos aquíferos.	Áreas urbanas; municípios com densidade de vazão dos poços superior a $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$; municípios em que foram registradas concentrações acima do VMP de NO_3 ($> 44,3 \text{ mg/L}$) e F ($> 1,5 \text{ mg/L}$).	40
	II	Identificação de indícios robustos de superexploração dos aquíferos.	Municípios com densidade de vazão dos poços entre 12 e $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$.	30
	III	Identificação de indícios moderados de superexploração dos aquíferos.	Municípios com densidade de vazão dos poços entre 7 e $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$.	20
	IV	Identificação de indícios tênues de superexploração dos aquíferos.	Municípios com densidade de vazão dos poços inferior a $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$.	10
	<i>Todas as Zonas.</i>			50
Confinado (CO): SAG	I	Identificação de indícios definitivos da superexploração do aquífero.	Municípios onde foram identificados rebaixamentos entre 100 e 125 m no período entre 2010 - 2022 (situação atual); e densidade de vazão de poços superior a $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^2$.	40
	II	Identificação de indícios robustos de superexploração do aquífero.	Municípios nos quais foram identificados, com base nas simulações de fluxo e no cenário hipotético de crescimento das extrações (C01), rebaixamento a partir da situação atual (2010 - 2022) de 20 m , a serem atingidos em até 30 anos.	30

ZPA		CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO
	III	Identificação de indícios moderados de superexploração do aquífero.	Municípios nos quais foram identificados cones de rebaixamento a partir da situação atual (2010-2022) de 50 m, a serem atingidos em até 45 anos (cenário hipotético de crescimento das extrações C02).	20
	IV	Identificação de indícios tênues de superexploração do aquífero e municípios interbaciais.	Municípios nos quais foi identificada pouca influência dos cones de rebaixamento, devido a bombeamento nos municípios vizinhos, nos próximos 60 anos; e municípios interbacias, alguns não estão inclusos na UGRHI 12 (demais cenários hipotéticos de crescimento das extrações C03 e C04).	10
	<i>Todas as Zonas.</i>			50

7.2. Classificação dos impactos ambientais

Foram definidos cinco impactos ambientais principais (Tabela 7.4), associados aos aspectos quantitativos e qualitativos das águas subterrâneas da UGRHI-12, que produzem consequências negativas diagnosticadas com a execução deste projeto.

Tabela 7.4. Pontuação atribuída aos atributos situação, severidade e abrangência para classificação dos impactos ambientais identificados.

IA	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	SITUAÇÃO		SEVERIDADE			ABRANGÊNCIA		PONTUAÇÃO FINAL
			AT	F	B	M	AL	LO	RE	
1	Quantidade	Rebaixamento do nível d'água subterrânea.	10				20	5	10	45
2	Quantidade	Mudanças dos padrões climáticos e variabilidade da precipitação.	10				20	5	10	45
3	Qualidade	Contaminação antropogênica.	10				20	5		35
4	Quantidade e qualidade	Conversão do uso e ocupação da terra.		5		10		5	10	30
5	Qualidade	Contaminação geogênica (natural).	10		5			5		20

Cores:
> 40 pts
30 - 40 pts
< 30 pts

1. Rebaixamento do nível d'água subterrânea: situação atual em desenvolvimento, com fortes indícios de agravamento no futuro, constatada pela continuidade da exploração excessiva de águas subterrâneas, levando a um aumento da profundidade do nível d'água dos aquíferos. Esse impacto é observado em abrangência local e regional, constatado a partir do monitoramento de níveis em poços desativados, evolução dos rebaixamentos a partir da análise de dados históricos, pelo aumento do número de poços perfurados, pela elevada densidade de poços de usos consuntivos em áreas rurais e urbanas e a partir das estimativas em cenários futuros, simulados pelo Modelo de Elementos Analítico (MEA) para as águas subterrâneas do SAG. Considera-se que esse impacto apresenta alta severidade. Como consequências potenciais deste impacto, destacam-se: a

perda de produtividade dos poços, possível limitação tecnológica para o bombeamento da água, interferência entre poços, diminuição da disponibilidade hídrica; redução da manutenção do nível de base dos rios, com potencial de perda da conexão hidráulica rio-aquífero; diminuição da disponibilidade hídrica; aumento do consumo energético para operação de bombas em poços cada vez mais profundos; esgotamento acelerado dos recursos hídricos subterrâneos; e consumo de águas antigas e não renováveis.

2. Mudanças nas normais climáticas e na variabilidade da precipitação: situação atual em desenvolvimento, relacionado às mudanças globais devido ao aumento histórico das emissões dos gases de efeito estufa. Os efeitos são constatados a partir da observação do aumento da temperatura global, mudanças nos regimes de chuva e aumento da frequência de eventos extremos e, por não ser possível ainda dimensionar seu impacto, pode ser considerada de alta severidade. As consequências potenciais deste impacto nas águas subterrâneas são observadas principalmente na variação da recarga dos aquíferos livres, o que afetaria a disponibilidade hídrica na bacia; em mudanças no padrão de consumo dos usuários em função da necessidade de suprir demandas imediatas relacionadas aos ciclos produtivos; diminuição da disponibilidade hídrica; redução da manutenção do nível de base dos rios, com potencial de perda da conexão hidráulica rio-aquífero.
3. Contaminação antropogênica: situação atual observada em escala local, associada a consequências de incontáveis atividades antropogênicas e, portanto, considerada de alta severidade. No cenário das águas subterrâneas, fatores favorecem a contaminação destes recursos como, por exemplo, a construção de poços tubulares que não atendem aos requisitos técnicos da NBR 12212:2017, principalmente no que se refere à proteção sanitária do poço, que protege o acesso à água (através do poço) contra contaminantes e a infiltração superficial, e preserva a qualidade d'água; deterioração da infraestrutura hídrica para abastecimento; vazamentos de tanques de combustíveis em postos de gasolina; vazamentos da rede de esgotamento sanitário e fossas sépticas; descarte indevido de resíduos sólidos, principalmente em áreas mais suscetíveis a infiltração, como, por exemplo, próximo a rios, em solos arenosos e em áreas de

recarga de aquíferos; e a descarga inapropriada de efluentes diversos (industriais, domésticos e agrícolas) em rios e no solo. Destaca-se como principal consequência a perda de qualidade d'água, tornando-a inapropriada para consumo humano, quando observadas concentrações de elementos acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, principalmente de NO₃, hidrocarbonetos e coliformes fecais.

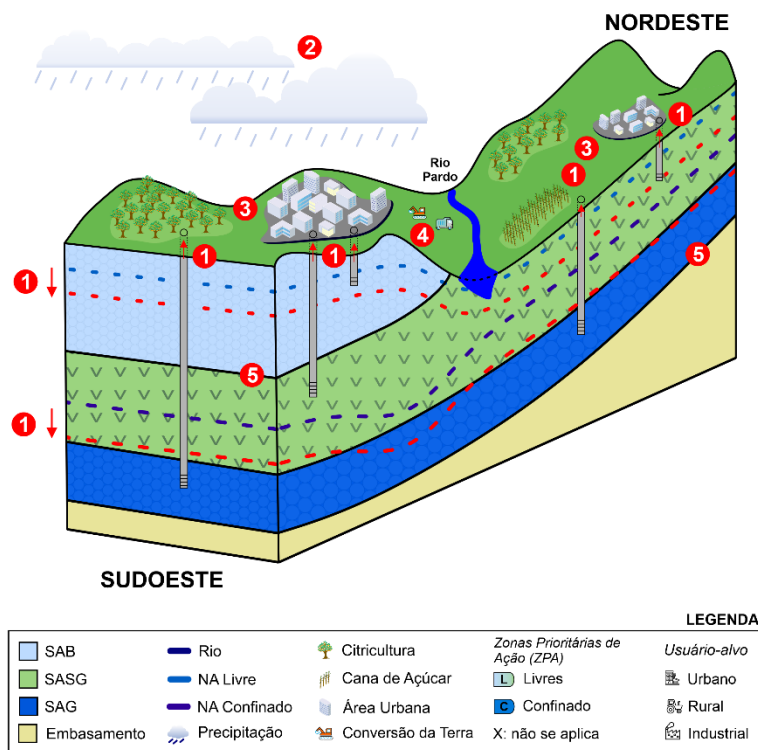
4. Conversão do uso e ocupação da terra: situação potencial futura, diretamente influenciada pelo plano diretor do município, crescimento populacional e atividade econômica predominante e, portanto, de média severidade, pois é possível se antecipar às mudanças. Destaca-se como principais consequências potenciais: permeabilização da área rural com a ocupação do solo; a ausência da recarga e aumento do escoamento superficial em áreas construídas, devido a impermeabilização do solo; perda de cobertura vegetal; mudanças nos caminhos e volumes dos fluxos de água do balanço hídrico; mudanças na dinâmica de migração populacional, também associada a mudanças das atividades econômicas que influenciam diretamente na população flutuante; ocupação de áreas de recarga dos aquíferos livre; potencial aumento de fontes poluidoras e de atividades que contribuem com o aumento da erosão hídrica.
5. Contaminação geogênica (natural): situação atual em contextos locais, condicionada pela heterogeneidade geológica e, portanto, de baixa severidade. Destaca-se como principal consequência a perda de qualidade d'água, tornando-a inapropriada para consumo humano, quando observadas concentrações de elementos acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, principalmente de flúor.

7.3. Classificação das ações propostas

Em função dos aspectos e impactos ambientais identificados no contexto das águas subterrâneas da UGRHI-12 (Figura 7.2), são propostas doze ações principais (Tabela 7.5) que buscam a minimização dos efeitos e consequências das mudanças hídricas impostas pelo uso das águas subterrâneas.

IMPACTOS AMBIENTAIS DIAGNOSTICADOS

- 1 Rebaixamento do nível d'água subterrânea.
- 2 Mudanças dos padrões climáticos e variabilidade da precipitação.
- 3 Contaminação antropogênica.
- 4 Conversão do uso e ocupação da terra.
- 5 Contaminação geogênica (natural).



AÇÕES PROPOSTAS

- 1 Manter a base de dados construída e promover o uso e a divulgação científica da informação:
 1 2 3 4 5 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 2 Criar sala de situação em tempo real dos recursos hídricos:
 1 2 3 4 5 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 3 Promover a conscientização da população sobre as águas subterrâneas e o uso racional d'água:
 1 3 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 4 Investir em programas de monitoramento do nível d'água dos aquíferos:
 1 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 5 Promover o diálogo inter-bacia com as UGRHs 04, 08 e 15:
 1 4 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 6 Investir em programas de monitoramento hidro-meteorológico:
 2 L ZPA I-II-III-IV C ZPA I-II-III-IV
- 7 Buscar soluções para o abastecimento urbano:
 1 3 4 L ZPA I C ZPA I-II-III-IV
- 8 Exigir descrições hidrogeológicas, hidrodinâmicas e estratigráficas de detalhe para emissão e renovação da outorgaem poços profundos:
 1 4 L ZPA I-II C ZPA I-II
- 9 Exigir a declaração obrigatória periódica de medições de volumes relacionados aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos nos termos da Portaria do DAAE nº5.579 de 5 de outubro de 2018.
 1 2 L ZPA I-II C ZPA I-II
- 10 Realizar estudos hidrogeológicos de detalhe.
 1 3 5 L ZPA I C ZPA I
- 11 Implementar o Selo Amigos do Aquífero Guarani (SAAG).
 1 L X C ZPA I-II-III-IV
- 12 Elaborar projeto de recuperação da erosão e aumento da infiltração em áreas rurais para participação no Programa Produtor de Água da ANA.
 1 2 L ZPA I-II-III-IV C X

Figura 7.2. Relação entre os impactos ambientais diagnosticados e as ações propostas, com indicação da Zona Prioritária de Ação (ZPA) e usuário alvo de cada ação.

Tabela 7.5. Apresentação das ações proposta com a descrição, objetivo, impacto ambiental (IA) associado, aquífero, abrangência, responsável pela ação e a pontuação final. A planilha completa com a pontuação de cada atributo é apresentada no anexo I.

AÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO	IA ASSOCIADO	AQUÍFERO	ABRANGÊNCIA	MOMENTO DA AÇÃO	PONTUAÇÃO FINAL
1	Manter a base de dados construída e promover o uso e a divulgação científica da informação.	Garantir a continuidade da construção do conhecimento científico hidrogeológico na bacia; e direcionar estudos hidrogeológicos de detalhe.	Comitê de Bacia e DAEE	Todos	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local e regional	Presente	220
2	Criar sala de situação em tempo real dos recursos hídricos.	Unificar informações sobre os usuários e a capacidade das fontes hídricas, disponibilizando aos gestores uma visão estratégica em tempo real da situação hídrica e permitir a adoção de medidas multidisciplinares e complementares, além de fornecer apoio operacional e institucional à implementação das demais ações propostas.	Comitê de Bacia e DAEE	Todos	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Regional	Presente	215
3	Promover a conscientização da população sobre as águas subterrâneas e o uso racional d'água.	Redução do uso e do desperdício d'água, aumento do reuso d'água.	Municípios (prefeituras) e comitê de bacias	1-3	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local e regional	Presente	215
4	Investir em programas de monitoramento do nível d'água dos aquíferos.	Aquisição contínua de dados de nível d'água subterrâneas; e identificação de áreas críticas de superexploração.	Comitê de Bacia e DAEE	1	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local	Presente	205

AÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO	IA ASSOCIADO	AQUÍFERO	ABRANGÊNCIA	MOMENTO DA AÇÃO	PONTUAÇÃO FINAL
5	Promover o diálogo interbacia com as UGRHIs 04, 08 e 15.	Mediação dos conflitos pela água entre bacias; alinhamento de ações a curto, médio e longo prazo de cooperação mútua; e troca de experiências e tecnologias na resolução de problemas em comum entre bacias.	Comitê de Bacia e DAEE	1-4	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Regional	Médio Prazo	190
6	Investir em programas de monitoramento hidro-meteorológico.	A avaliação da variabilidade climática; elaboração de modelos preditivos; estimativa da recarga potencial; e antecipação a eventos extremos.	Comitê de Bacia e DAEE	2	Não se aplica	Regional	Médio Prazo	185
7	Buscar soluções para o abastecimento urbano.	Amenização do crescimento dos cones de rebaixamento na área urbana.	Municípios (prefeituras)	1-3-4	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local	Médio Prazo	175
8	Exigir descrições construtivas, hidrogeológicas, hidrodinâmicas e estratigráficas de detalhe para emissão e renovação da outorga em poços profundos.	Aquisição de informações essenciais acerca da construção e operacionalização dos poços, condicionantes a outorga, e apoio a decisões de concessão de outorga embasadas por aspectos técnicos, considerando a qualidade e veracidade dos estudos apresentados.	DAEE	1-4	Livre (SASG) e confinado (SAG)	Local	Presente	170
9	Exigir a declaração obrigatória periódica de medições de volumes relacionados	Subsidiar o monitoramento e gestão da demanda; fiscalização e controle da exploração dos aquíferos.	Usuários e DAEE	1-2	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local	Presente	165

AÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO	IA ASSOCIADO	AQUÍFERO	ABRANGÊNCIA	MOMENTO DA AÇÃO	PONTUAÇÃO FINAL
	aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos nos termos da Portaria do DAEE nº5.579/2018.							
10	Realizar estudos hidrogeológicos de detalhe.	Detalhamento da superexploração de modo a concentrar esforços e investimentos financeiros em áreas prioritárias.	Comitê de Bacia e DAEE	1-3-5	Livres (SAB e SASG) e confinado (SAG)	Local e regional	Longo Prazo	165
11	Implementar o Selo Amigos do Aquífero Guarani (SAAG).	Promover o uso sustentável e reuso das águas do SAG; iniciar os esforços para criação de um mercado de serviços ambientais por PSA a médio prazo; adquirir informações hidrogeológicas dos usuários que também subsidiam as ações 2, 4, 8 e 10.	Comitê de Bacia e DAEE	1	Confinado (SAG)	Local e regional	Presente	160
12	Elaborar projeto de recuperação da erosão e aumento da infiltração em áreas rurais para participação no ingresso no Programa Produtor de Água da ANA.	Oferecer apoio técnico a órgãos e entidades que desejem participar; incentivar usuários rurais em áreas prioritárias a aderirem ao programa; e determinar uma fonte de financiamento para projetos de médio e longo prazo.	Comitê de Bacia e DAEE	1-2	Livres (SAB e SASG)	Local	Presente	135

Cores:

> 200 pts

170 - 200 pts

< 170 pts

1. Manter a base de dados construída e promover o uso e a divulgação científica da informação: o desenvolvimento deste projeto permitiu a atualização e interpretação da informação hidrogeológica disponível e adquirida, efetivada pelos relatórios e o geodatabase anexo a este relatório. Estes resultados devem ser propriamente divulgados e disponibilizados ao público, permitindo assim a propagação e construção do conhecimento coletivo. Esta base de dados constitui uma análise regional cujos produtos devem ser consultados com cautela, uma vez que são capazes de auxiliar o zoneamento de áreas prioritárias e impactos de abrangência regional (como o rebaixamento do nível d'água), entretanto, não são adequados para avaliações em escala de detalhe ou situações pontuais, por exemplo para a alocação de poços ou diagnósticos de contaminação.

Objetivo(s): garantir a continuidade da construção do conhecimento científico hidrogeológico na bacia; e direcionar estudos hidrogeológicos de detalhe.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): todos;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local e regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: diariamente, quinzenalmente ou mensalmente;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: Todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

2. Criar sala de situação em tempo real dos recursos hídricos: o sucesso da gestão integrada dos recursos hídricos depende da capacidade dos gestores em, além de adquirir a informação, interpretá-la rapidamente de modo a permitir a antecipação e adaptação de ações frente a possíveis mudanças das condições hídricas, atuais e futuras. Assim, propõe-se investir em infraestrutura humana, física e digital para criação de uma sala situação em tempo real da gestão dos recursos hídricos, superficial e subterrâneo, que deve ser capaz de receber e incorporar informações georreferenciadas de múltiplas fontes em um único sistema. O propósito desta sala é implementar a gestão integrada dos recursos hídricos, agrupando dados

hidrológicos, hidrogeológicos, de saneamento e abastecimento, de maneira a identificar as lacunas, vulnerabilidades e fortalezas deste sistema, prezando a sustentabilidade do uso e preservação d'água, possibilitando a adoção de medidas de ordenamento da exploração. Esta sala, uma vez implementada, deverá se tornar responsável pela manutenção da base de dados hidrogeológicos (1º ação) e pelo recebimento de informações consequentes das ações 4, 6, 7 e 8.

Objetivo(s): unificar informações sobre os usuários e a capacidade das fontes hídricas, disponibilizando aos gestores uma visão estratégica em tempo real da situação hídrica e permitir a adoção de medidas multidisciplinares e complementares, além de fornecer apoio operacional e institucional à implementação das demais ações propostas.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): todos;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: uma vez operacionalizada a sala, a atualização da informação deverá ser ininterrupta;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

- Promover a conscientização da população sobre as águas subterrâneas e o uso racional d'água: as águas subterrâneas são invisíveis na paisagem superficial e da população, que muitas vezes desconhece o impacto de seus hábitos na preservação do recurso hídrico. A educação ambiental sobre os recursos hídricos e as águas subterrâneas é essencial na promoção do uso racional e do reuso d'água.

Objetivo(s): redução do uso e do desperdício d'água, aumento do reuso d'água.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1 e 3;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local e regional;

Responsável pela ação: municipal (prefeituras) e comitê de bacias.

Momento da ação: presente;

Frequência: diariamente, quinzenalmente ou mensalmente;

Usuário-alvo: prioritariamente o urbano;

ZPAs: Todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

4. Investir em programas de monitoramento do nível d'água dos aquíferos: tendo em vista o rebaixamento do nível d'água dos aquíferos e os impactos associados, é imprescindível a retomada do monitoramento periódico do nível d'água dos aquíferos na bacia, principalmente em poços desativados pertencentes ao SAG; e a implementação de um programa de monitoramento, considerando também os cenários modelados para o SAG neste projeto no planejamento das atividades e avaliação da informação adquirida. Deve ser avaliada a possibilidade da instalação de transdutores de pressão automáticos para monitoramento contínuo, em frequência de aquisição menor que 30 minutos. A estrutura destes programas deve prever a submissão dos novos dados no Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) do estado e garantir a avaliação periódica dos resultados, em conjunto com demais informações hidrogeológicas de demais redes de monitoramento de organizações governamentais, como a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) e o Sistema de Informações da Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM); e o banco de dados de outorgas e os registros do Sistema de Informações da Águas Subterrâneas (SIDAS) do DAEE.

Objetivo(s): aquisição contínua de dados de nível d'água subterrâneas; e identificação de áreas críticas de superexploração.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: diariamente, quinzenalmente ou mensalmente;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

5. Promover o diálogo inter-bacia com as UGRHIs 04, 08 e 15: a distribuição espacial dos recursos hídricos e a continuidade lateral em subsuperfície das águas subterrâneas não respeita limites administrativos e, portanto, impactos locais tem seus efeitos propagados em escala regional, positivos e negativos. Ações de cooperação mútua entre bacias vizinhas devem ser promovidas, incentivadas e mediadas pelo DAEE, promovendo o diálogo horizontalizado entre os gestores de recursos hídricos, através da compreensão das demandas, expectativas futuras e dificuldades da gestão d'água nos municípios e instituições, para então propor soluções conjuntas.

Objetivo(s): mediação dos conflitos pela água entre bacias; alinhamento de ações a curto, médio e longo prazo de cooperação mútua; e troca de experiências e tecnologias na resolução de problemas em comum entre bacias.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1 e 4;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: médio prazo;

Frequência: Independente;

Usuário-alvo: principalmente o rural, que compõe as áreas compartilhadas (tabela 6.1);

ZPAs: todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

6. Investir em programas de monitoramento hidrometeorológico: as mudanças climáticas passadas e atuais impactam diretamente o regime de chuvas, a variabilidade climática e a recarga dos aquíferos. A acurácia da predição das mudanças climáticas futuras depende das séries históricas da precipitação e da distribuição espacial das estações meteorológicas na bacia. Assim, deve ser

avaliada a possibilidade de restauração e manutenção das estações pluviométricas existentes na bacia, assim como promover a instalação de novas estações em locais estratégicos e a integração com técnicas de sensoriamento remoto, de maneira a melhorar a acurácia das predições. Além disso, a partir do monitoramento do clima e das mudanças climáticas, é possível a criação de programas de alerta a eventos extremos. Os resultados desta ação devem ser avaliados em conjunto com os dados de monitoramento das estações da Rede Nacional Hidrometeorológica da ANA e DAEE.

Objetivo(s): a avaliação da variabilidade climática; elaboração de modelos preditivos; estimativa da recarga potencial; e antecipação a eventos extremos.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 2;

Aquífero(s): não se aplica;

Abrangência: regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: médio prazo;

Frequência: diariamente, quinzenalmente ou mensalmente;

Usuário-alvo: independente;

ZPAs: todas, para os aquíferos livres (SAB e SASG) e confinado (SAG).

7. Buscar soluções para o abastecimento urbano: a crescente demanda por águas de boa qualidade e a praticidade em perfurar poços como uma solução imediata e local ao abastecimento, que necessita de pequena infraestrutura de captação e tratamento, teve como consequência o aumento do número de poços em áreas urbanas, em condomínios habitacionais e indústrias. Esse agrupamento de extrações de volumes de poços e de múltiplas e incontáveis fontes contaminantes presentes nas cidades, produz impactos ambientais negativos também diagnosticados por este projeto, como o rebaixamento do nível d'água do SAG e o alerta para potenciais áreas contaminadas nos aquíferos livres (SAB e SASG). Assim, propõe-se que sejam buscadas soluções para o abastecimento urbano que considerem a possibilidade da proibição gradativa da perfuração de novos poços na área urbana, em função do uso pretendido e localização, e a perfuração de

poços para abastecimento em áreas rurais em que seja prevista a instalação de adutoras para as áreas urbanas, de modo a descentralizar a exploração das águas subterrâneas.

Objetivo(s): amenização do crescimento dos cones de rebaixamento na área urbana.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1, 3 e 4;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local;

Responsável pela ação: municipal (prefeituras).

Momento da ação: médio prazo;

Frequência: semestral;

Usuário-alvo: apenas urbano;

ZPAs: I para os aquíferos livres (SAB e SASG); e todas para o aquífero confinado (SAG).

8. Exigir descrições hidrogeológicas, hidrodinâmicas e estratigráficas de detalhe para emissão e renovação da outorga em poços profundos (profundidade maior que 350 m): o processo de concessão e renovação da outorga deve recuperar e incrementar seu rigor técnico, através da exigência obrigatória e auditoria de descrições detalhadas dos aspectos hidrogeológicos, hidrodinâmicos, estratigráficos, testes de bombeamento e de interferência entre poços, resultados de perfilagens geofísicos e perfis construtivos para todos os poços com captações no SAG; poços com profundidades superiores a 350 m; e poços em ZPA. Institucionalmente, esta ação pode ser instaurada por meio de resolução do comitê de bacias.

Objetivo(s): aquisição de informações essenciais acerca da construção e operacionalização dos poços, condicionantes a outorga, e apoio a decisões de concessão de outorga embasadas por aspectos técnicos, considerando a qualidade e veracidade dos estudos apresentados.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1 e 4;

Aquífero(s): confinado (SAG) e livre (SASG), condicionado pela profundidade;

Abrangência: local;

Responsável pela ação: DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: condicionado ao recebimento dos processos de outorgas, entretanto de implementação imediata;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: I e II para os aquíferos livres (SAB e SASG); e I e II para aquífero confinado (SAG).

9. Exigir a declaração obrigatória periódica de medições de volumes relacionados aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos nos termos da Portaria do DAEE nº5.579 de 5 de outubro de 2018: de modo a subsidiar o monitoramento, a fiscalização e demais ações de gerenciamento dos recursos hídricos no estado, a portaria DAEE nº5.579/2018 atribui ao usuário a responsabilidade pela instalação de equipamento medidor de volume e a declaração de leituras em frequência estabelecida por faixas de Volume Mensal (VM) da outorga ou dispensa, definidos para cada Diretoria de Bacia por meio de Instrução Técnica DPO, exceto em casos dispensados da instalação do equipamento. Em virtude da não declaração de dados ou da não instalação do equipamento medidor, cabe ao DAEE aplicar infrações leve e grave, respectivamente.

No âmbito das ações propostas, o cumprimento dos termos da DAEE nº5.579/2018 será essencial na consolidação dos bancos de dados que deverão ser construídos com a operação dos programas de monitoramento (ações 1 e 3).

Objetivo(s): subsidiar o monitoramento e gestão da demanda; fiscalização e controle da exploração dos aquíferos.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1 e 2;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local;

Responsável pela ação: usuários e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: deliberado pela Portaria do DAEE nº5.579/2018;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: I e II para os aquíferos livres (SAB e SASG); e I e II para o aquífero confinado (SAG).

10. Realizar estudos hidrogeológicos de detalhe: nas ZPA propostas para os aquíferos livres (SAB e SASG) e o confinado (SAG) devem ser realizados diagnósticos hidrogeológicos de detalhe, nos termos da deliberação CRH n°259/2021, de modo a identificar ARC prováveis (ARC-PR), que subsidiem futuros estudos confirmatórios de superexploração para definição de ARC confirmadas (ARC-CO), se necessário.

Objetivo(s): detalhamento da superexploração de modo a concentrar esforços e investimentos financeiros em áreas prioritárias.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1, 3 e 5;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG) e confinado (SAG);

Abrangência: local e regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: longo prazo;

Frequência: anual;

Usuário-alvo: definido pelo comitê;

ZPAs: I para os aquíferos livres (SAB e SASG); e I para o aquífero confinado (SAG).

11. Implementar o Selo Amigos do Aquífero Guarani (SAAG): tendo em vista a importância estratégica dos recursos hídricos do SAG, sugere-se a criação de programa de incentivo a promoção da sustentabilidade dos usos consuntivos do SAG, voltado a empresas privadas de todos os ramos, condomínios, concessionárias e prefeituras que possuem outorgas de captação deste aquífero. O programa deve compor um sistema de avaliação por pontos, semelhante ao proposto para hierarquização da prioridade das ações, onde será avaliado o grau de adequação às práticas em prol do uso sustentável do SAG.

Sugere-se como critérios iniciais de avaliação: a inclusão das águas subterrâneas na política ambiental e no sistema de gestão da instituição; monitoramento da eficácia do uso d'água pela instituição; adesão aos programas de monitoramento do nível d'água das águas subterrâneas; declaração periódica voluntária dos volumes extraídos para usos dos recursos hídricos; práticas de reuso da água; proteção e preservação dos recursos hídricos, através de investimento direto ou indireto no reflorestamento de mata ciliares, de APP, de áreas de nascentes e demais áreas consideradas vulneráveis e essenciais à manutenção e aumento do volume d'água no ciclo hidrológico; a avaliação dos custos e impactos ambientais associado ao uso de outras fontes de captação d'água menos vulneráveis (águas superficiais e/ou águas da chuva) e mais recentes (menor tempo de renovação), do que as águas do SAG; diminuir o consumo d'água; promover a conscientização ambiental das águas subterrâneas e uso racional d'água; e apresentar um planejamento das ações a serem implementadas, com metas e indicadores para monitoramento da eficiência.

A documentação descritiva das ações executadas pela instituição, com os resultados esperados e observados, deve ser submetida à apreciação da entidade organizadora da implementação do selo que irá avaliar segundo critérios previamente estabelecidos. Esta entidade deverá ser composta pelo comitê de bacias, o DAEE, instituições e entidades interessadas.

A concessão do selo será uma retribuição à adesão voluntária das instituições aos programas de monitoramento, à declaração voluntária de volumes e que comprovem boas práticas de uso, reuso e gestão das águas subterrâneas do SAG, em termos técnicos e comprovados. Em um primeiro momento, os ganhos imediatos às instituições serão na forma de visibilidade social (marketing verde) e certificado de desempenho ambiental que, no futuro, poderá ser efetivado em programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), quando comprovada a eficiência das medidas adotadas, baseando-se no conceito provedor-recebedor, com uma proposta coesa e organizada entre as múltiplas entidades governamentais, da sociedade civil, comércio e indústria interessadas.

Assim, foi elaborado uma versão inicial de selo (Figura 7.3), inspirado nos padrões artísticos de comunidade tradicionais, referência às tribos indígenas que

historicamente ocupavam a maior parte da área do aquífero, são os principais protetores de suas nascentes e compartilham o nome de sua etnia com o gigante aquífero Guarani. A concessão do selo poderá ser feita também às instituições fora dos limites da UGRHI-12.

Objetivo(s): promover o uso sustentável e reuso das águas do SAG; iniciar os esforços para criação de um mercado de serviços ambientais por PSA a médio prazo; adquirir informações hidrogeológicas dos usuários que também subsidiam as ações 2, 4, 8 e 10.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1;

Aquífero(s): confinado (SAG);

Abrangência: local e regional;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: poderá ser fornecido a qualquer momento;

Usuário-alvo: todos – rural, urbano e industrial;

ZPAs: Todas para o aquífero confinado (SAG).



Figura 7.3. Sugestão de logo para o SAAG.

12. Elaborar projeto de recuperação da erosão e aumento da infiltração em áreas rurais para participação no Programa Produtor de Água da ANA: criado em 2008, o Programa Produtor de Água da ANA é um programa de participação voluntária que beneficia os produtores rurais que implementam boas práticas de manejo e conservação do solo e melhorias da cobertura vegetal, com ações de combate a erosão e sedimentação e de aumento da infiltração, em áreas prioritárias de recuperação. Seguindo o conceito provedor-recebedor, o programa prevê o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) entre os fornecedores dos serviços ambientais, os produtores rurais que recebem pagamentos, e as agências financiadoras, que pagam. Os órgãos e entidades participantes dessas agências devem se organizar em uma Unidade de Gestão do Projeto (UGP), que contará com outras atribuições específicas além de prover o financiamento. A UGP poderá ter como participantes: a ANA, órgãos gestores estaduais; comitês de bacias hidrográficas; ONGs; estados e municípios; empresas de saneamento e geração de energia; e outros agentes financeiros.

Os resultados produzidos no âmbito deste projeto na UGRHI 12 podem subsidiar a proposta de áreas prioritárias para participação no Programa Produtor de Água,

como o uso de indicadores hidroquímicos, isotópicos e idades estimadas das águas subterrâneas para indicação do tempo médio de renovação, e da recarga potencial média estimada para os aquíferos livres por meio de imagens de satélite.

Objetivo(s): oferecer apoio técnico a órgãos e entidades que desejem participar da UGP; incentivar usuários rurais em áreas prioritárias a aderirem ao programa; e determinar uma fonte de financiamento para projetos de médio e longo prazo.

Impacto(s) Ambiental(is) associado(s): 1 e 2;

Aquífero(s): livres (SAB e SASG);

Abrangência: local;

Responsável pela ação: comitê de bacias e DAEE.

Momento da ação: presente;

Frequência: semestral;

Usuário-alvo: apenas o rural;

ZPAs: Todas para os aquíferos livres (SAB e SASG).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto firmado em convênio entre a UNESP e o SAAEB, com recursos FEHIDRO, executado pelo LARHIA, teve como principais objetivos o de ampliar o conhecimento sobre os aquíferos presentes na UGRHI 12 e determinar as condições de exploração das águas subterrâneas, com destaque ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), que devido a sua condição de aquífero confinado, aliado a sua importância estratégica como recurso hídrico, pode sofrer efeitos decorrentes da superexploração e interferência entre poços decorrentes do bombeamento.

O projeto, que em sua origem foi demanda dos gestores hídricos, contou com extensiva pesquisa científica realizada na universidade pública, e contou com a participação de alunos de graduação em geologia e geografia, e de pós-graduação, mestres e doutorandos na UNESP e USP. Foram utilizadas diversas técnicas e metodologias, caracterizando o estudo como multidisciplinar, composto por análises hidrogeoquímicas, isotópicas, computacionais e de geoprocessamento.

O projeto iniciou com um grande levantamento de dados, em que foram consultadas bases de dados públicas de livre acesso, como o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (SBG-CPRM), os arquivos do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIDAS) do Departamento de Água e Energia do Estado de São Paulo (DAEE), o banco de dados de outorga do DAEE e trabalhos científicos em artigos, dissertações e teses acadêmicas. Após a seleção e correção dos dados levantados, foi feito o diagnóstico hidrogeológico da bacia que, entre outras técnicas, incluiu a coleta de novas amostras de águas subterrâneas para determinação hidroquímica, isotópica e do tempo de residência e o monitoramento do nível d'água em poços desativados do SAG. Adicionalmente, foi elaborado um modelo analítico de fluxo das águas subterrâneas do SAG, capaz de simular o cenário atual e situações hipotéticas futuras do aquífero frente à exploração.

As principais conclusões resultantes do projeto são elencadas a seguir:

- A agricultura constitui a atividade econômica predominante na bacia, tendo intenso crescimento nas últimas três décadas, marcado pela substituição de campos e pastagens por plantações de cana-de-açúcar e laranja. A atividade

agrícola ocupa 89,7% do uso da terra, as áreas urbanas apenas 1,2% e o restante representa os remanescentes florestais (9,1%).

- Os efeitos das mudanças climáticas são observados na variação histórica da precipitação no período de 2000-2019, com diminuição da média anual, e em eventos extremos de secas.
- Os volumes d'água outorgados pelo DAEE apontam que as águas superficiais contribuem com 76,6% (59.427,3 m³/h), enquanto as águas subterrâneas com 23,4% (18.176,5 m³/h) das captações conhecidas na UGRHI 12. Dentre os sistemas aquíferos explorados, o SASG (7.828,6 m³/h) é o mais explorado, seguido pelo SAG (6.381,1 m³/h) e pelo SAB (2.638,3 m³/h).
- Os aquíferos apresentam idades da água distintas, que indicam o tempo de renovação d'água no ciclo hidrológico. As idades das águas subterrâneas na UGRHI 12 foram determinadas pelo uso dos traçadores isotópicos trítio (³H) e radiocarbono (¹⁴C). A combinação destes traçadores com análises hidroquímicas e assinaturas isotópicas de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e hidrogênio ($\delta^2\text{H}$) demonstram que:
 - As águas do SAB e SASG são originárias majoritariamente da precipitação, que contribui constantemente com águas recentes, que se renovam nos aquíferos livres. Há locais onde observam-se águas mais antigas, em porções mais profundas e de relevo pouco pronunciado, onde a velocidade do fluxo da água subterrânea deverá ser mais lenta e permitirá o acúmulo de águas ao longo do tempo. As águas mais recentes têm idades de 28 a 40 anos no SAB e modernas a 36 anos no SASG. As águas mais antigas apresentam idades a partir de 60 anos para ambos os aquíferos e podem alcançar até 2.500 anos no SASG.
 - As águas do SAG na bacia são em sua totalidade muito antigas, se infiltraram por primeira vez no aquífero a mais de 22 mil anos, em condições climáticas distintas das atuais, e podem chegar a apresentar idades maiores que 100 mil anos.
- O modelo de fluxo do SAG revela a evolução do rebaixamento do nível d'água desde a perfuração dos primeiros poços no aquífero, na década de 90, e identifica um rebaixamento médio na bacia de 90 m até 2020, equivalente à

média de 3 m rebaixados por ano. Na região de Colina e Barretos ocorreu o maior rebaixamento em toda a bacia, em 128 m no mesmo período, equivalente a 4,3 m rebaixados por ano.

- As projeções futuras de cenários hipotéticos de exploração do SAG, a partir do modelo de fluxo do aquífero, indicam que o aumento das demandas rurais e urbanas vão provocar a diminuição da disponibilidade d'água do aquífero. No cenário hipotético mais extremo, o aumento das extrações será responsável pelo rebaixamento médio de 105 m em 61 anos, equivalente a 1,7 m rebaixados por ano. Por outro lado, a redução em 25% das taxas de bombeamento atuais pode contribuir significativamente na recuperação do nível d'água do aquífero (35 m no período de 30 anos, equivalente a 1,15 m recuperados por ano).
- Uma vez constatados indícios de superexploração dos aquíferos, foram propostas zonas prioritárias de ação (ZPA) nos termos da deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) nº 52 de 2005. O zoneamento proposto define cinco ZPA, definidas separadamente entre os aquíferos livres (SAB e SASG) e o confinado (SAG), e permite a classificação da ordem de prioridade de implementação de ações em função da criticidade da ZPA.

A invisibilidade das águas subterrâneas as torna pouco conhecidas e distantes do cotidiano da população, dificultando a tarefa dos gestores em promover seu uso racional e a gestão integrada dos recursos hídricos. No contexto da UGRHI 12, a execução deste projeto permitiu a proposta de ações institucionais e operacionais, que buscam auxiliar a gestão hídrica integrada e a desaceleração e mitigação parcial dos impactos ambientais observados nos aspectos quali-quantitativos das águas subterrâneas na bacia.

A sistematização e organização da informação utilizada ao longo da execução do projeto, que envolveu uma série de dados socioeconômicos, climáticos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e isotópicos, constitui um dos principais produtos físicos oferecidos ao final desse projeto, e estão compilados na forma de um Sistema de Informações Geográficas, que servirá de base inicial de consultas para projetos vindouros que tratem do planejamento estratégico e boa gestão no uso dos recursos hídricos subterrâneos da UGRHI 12.

Finalmente cabe ressaltar que os produtos, resultados, indicações e sugestões apresentados nesse relatório, não constituem algo definitivo e que poderá ser utilizado indefinidamente como base para a utilização das águas subterrâneas na UGRHI-12. Como todo conhecimento relativo a algo que está “escondido” sob nossos pés, necessita de constante incorporação de novos dados e sua posterior reavaliação, de maneira a se caminhar na direção de uma gestão mais racional das águas subterrâneas. É importante salientar também, que todas as decisões a serem tomadas nesse sentido, deverão ser tomadas coletivamente, entretanto importantes instrumentos de governança, apontados nesse projeto, devem ser implementados com urgência, como por exemplo a criação da sala de situação, continuidade na incorporação de novos dados referentes a utilização de águas subterrâneas, implementação de programas de monitoramento etc. Nesse sentido, é importante considerar o papel de inovação e desenvolvimento técnico-científico desempenhado pelas universidades e centros de pesquisa do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 14001**: Sistemas de gestão ambiental - requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. **NBR 12212**: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal, 1988. Inclui até a Emenda Constitucional nº 107, de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente [...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 31 dez. 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7663.htm. Acesso em: 12 maio 2023.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 12 mai. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decisão de diretoria Nº 256/2016/E de 22 de novembro de 2016. Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” [...]. CETESB: São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 6.134, de 02 de julho de 1988. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: São Paulo, 3 jul. 1988. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1988/lei-6134-02.06.1988.html>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 13.577, de 8 de maio de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC [...]. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: São Paulo, 9 maio 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SÃO PAULO. Deliberação CRH Nº52, de 15 de abril de 2005. Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos**, São Paulo, 15 abr. 2005. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/legisp/DeliberacoesCRH/Deliberacao-CRH%20052.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SÃO PAULO. **Águas subterrâneas no Estado de São Paulo**: Diretrizes de Utilização e Proteção. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Laboratório de Estudo de Bacias - São Paulo: DAEE/LEBAC, 2013.

SÃO PAULO. Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 14 dez. 2016. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>. Acesso em: 12 mai. 2023.

Acesso

SÃO PAULO. Portaria DAEE nº5.579 de 5 de outubro de 2018. Dispõe sobre procedimentos relativos à declaração periódica de medições de volumes [...]. **Departamento de Águas e Energia Elétrica**: São Paulo, 5 out. 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/14ZTI0hrEbfoaUbBGKFR6fN3lr7wBAcxg/view>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SÃO PAULO. Deliberação CRH N°259, de 16 de dezembro de 2021. Aprova os critérios e procedimentos para a execução de diagnóstico hidrogeológico de detalhe [...]. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos**, São Paulo, 16 dez. 2021. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CRH/21563/259.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

VILLAR, P. C.; HIRATA, R. Groundwater governance and the construction of legal indicators for Brazilian States. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210037r1vu2022L1AO>

ANEXOS

Anexo I. Produtos georreferenciados produzidos e utilizados durante a elaboração do projeto. Planilha referente descrita no Complemento 1.

ITEM	DESCRIÇÃO	TIPO	FIGURAS	RELATÓRIO	ARQUIVO	PLANILHA
1	Limites das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.	Base Cartográfica	Todas	Todos	Shapefile	
2	Limites UGRHI 12 - Baixo Pardo/Grande.	Base Cartográfica	Todas	Todos	Shapefile	
3	Limites dos 23 municípios selecionados.	Base Cartográfica	Todas	Todos	Shapefile	
4	Rede de drenagem.	Base Cartográfica	Múltiplas	Todos	Shapefile	
5	Rede Bifiliar oficial.	Base Cartográfica	<i>Apoio</i>		Shapefile	
6	Rede Bifiliar (Retrabalhado).	Base Cartográfica	Múltiplas	Todos	Shapefile	
7	Áreas Urbanas.	Base Cartográfica	Múltiplas	Todos	Shapefile	
8	Brasil: Limites - Unidades federativas (IBGE).	Base Cartográfica	Múltiplas	Todos	Shapefile	
9	Geologia - Convênio DAEE/UNESP.	Base Cartográfica	Múltiplas	Todos	Shapefile	
10	Estrutura Rodoviária Estadual/Federal (IBGE).	Base Cartográfica	Fig. 2.1	Múltiplos	Shapefile	
11	Sub-bacias e rede hidrográfica da UGRHI 12.	Base Cartográfica	Fig 4.9	R02B	Shapefile	
12	Cobertura e Uso do Solo - Mapbiomas 1989.	Produto	Fig. 4.4	R02B	Raster	
13	Cobertura e Uso do Solo - Mapbiomas 1999.	Produto	Fig. 4.4	R02B	Raster	
14	Cobertura e Uso do Solo - Mapbiomas 2009.	Produto	Fig. 4.4	R02B	Raster	

ITEM	DESCRIÇÃO	TIPO	FIGURAS	RELATÓRIO	ARQUIVO	PLANILHA
15	Cobertura e Uso do Solo - Mapbiomas 2019.	Produto	Fig. 4.4	R02B	Raster	
16	Mapa de Distribuição da Precipitação na UGRHI 12: 1998-2016.	Produto	Fig 4.5	R02B	Raster	
17	Modelo Digital de Terreno da UGRHI 12.	Produto	Fig 4.6	R02B	Raster	
18	Solos de Ocorrência na UGRHI 12.	Produto	Fig 4.7	R02B	Shapefile	
19	Vazão outorgada de água por Tipo e Finalidade.	Arquivo de terceiro	Fig. 4.10	R02B	Shapefile	
20	Disponibilidade Hídrica da UGRHI 12.	Arquivo de terceiro	Fig 4.11	R02B	Shapefile	
21	Poços SIAGAS.	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	A
22	Banco de Outorga do DAEE.	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	B
23	SIDAS (Físico).	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	C
24	SIDAS (Digital).	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	D
25	Amostras de águas subterrâneas compilada (HQ).	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	F
26	Captações superficiais DAEE.	Produto	Cap 5	R02B	Shapefile	B
27	Densidade Kernel para Captações no SAB e SASG.	Produto	Fig 5.20	R02B	Raster	
28	Densidade Kernel para Captações no SAG.	Produto	Fig 5.21	R02B	Raster	
29	Densidade Kernel para Captações de Água Subterrâneas na UGRHI 12.	Produto	Fig 5.22	R02B	Raster	
30	Seções Hidrogeológicas Esquemáticas na UGRHI 12.	Produto	Fig 5.26	R02B	Shapefile	
31	Contorno estrutural SAB.	Produto	Fig 5.28	R02B	Raster	
32	Contorno estrutural SASG.	Produto	Fig 5.29	R02B	Raster	
33	Contorno estrutural SAG/PRESAG.	Produto	Fig 5.32	R02B	Raster	
34	Isopacas SAB.	Produto	Fig 5.30	R02B	Raster	
35	Isopacas SASG.	Produto	Fig 5.31	R02B	Raster	
36	Isopacas SAG.	Produto	Fig 5.33	R02B	Raster	
37	Capacidade específica SAG.	Produto	Fig 5.37	R02B	Raster	

ITEM	DESCRIÇÃO	TIPO	FIGURAS	RELATÓRIO	ARQUIVO	PLANILHA
38	Transmissividade SAG.	Produto	Fig 5.43	R02B	Raster	
39	Potenciometria SAB.	Produto	Fig 5.44	R02B	Raster	
40	Potenciometria SASG.	Produto	Fig 5.45	R02B	Raster	
41	Potenciometria SAG até 1990 - T0.	Produto	Fig 5.46	R02B	Raster	
42	Potenciometria SAG de 1990 a 2000 - T1.	Produto	Fig 5.47	R02B	Raster	
43	Potenciometria SAG posterior a 2000 - T2.	Produto	Fig 5.48	R02B	Raster	
44	Rebaixamento SAG.	Produto	Fig 5.49	R02B	Raster	
45	Diagrama de Stiff SAB.	Produto	Fig 5.52	R02B	Shapefile	
46	Diagrama de Stiff SASG.	Produto	Fig 5.52	R02B	Shapefile	
47	Diagrama de Stiff SAG.	Produto	Fig 5.52	R02B	Shapefile	
48	Precipitação média.	Produto	Fig 6.1	R02B	Raster	
49	Evapotranspiração média.	Produto	Fig 6.2	R02B	Raster	
50	Escoamento superficial médio.	Produto	Fig 6.3	R02B	Raster	
51	Recarga potencial média.	Produto	Fig 6.4	R02B	Shapefile	
52	Precipitação 2001-2007.	Produto	Fig 6.6	R02B	Shapefile	
53	Precipitação 2008-2013.	Produto	Fig 6.6	R02B	Shapefile	
54	Precipitação 2014-2019.	Produto	Fig 6.6	R02B	Shapefile	
55	Recarga 2001-2007.	Produto	Fig 6.8	R02B	Shapefile	
56	Recarga 2008-2013.	Produto	Fig 6.8	R02B	Shapefile	
57	Recarga 2014-2019.	Produto	Fig 6.8	R02B	Shapefile	
58	Balanço hídrico livres.	Produto	Fig 6.10	R02B	Raster	
59	Balanço hídrico completo.	Produto	Fig 6.11	R02B	Raster	
60	Poços monitorados.	Produto	Cap 4-8	R03B	Shapefile	G
61	Resultados hidroquímica, isótopos e idades amostras coletadas.	Produto	Cap 4-7	R03B	Shapefile	E
62	Cargas potenciométricas SAG antes exploração.	Produto	Fig 9.3	R04	Raster	

ITEM	DESCRIÇÃO	TIPO	FIGURAS	RELATÓRIO	ARQUIVO	PLANILHA
63	Cargas potenciometricas SAG até 1990 - T0.	Produto	Fig 9.4	R04	Raster	
64	Rebaixamento SAG antes de 1990 - T0.	Produto	Fig 9.5	R04	Raster	
65	Cargas potenciometricas SAG até 2000 - T1.	Produto	Fig 9.7	R04	Raster	
66	Rebaixamento SAG até 2000 - T1.	Produto	Fig 9.8	R04	Raster	
67	Cargas potenciometricas SAG até 2020 - T2.	Produto	Fig 9.10	R04	Raster	
68	Rebaixamento SAG até 2020 - T2.	Produto	Fig 9.11	R04	Raster	
69	Simulação SAG cenário 01.	Produto	Fig 9.12	R04	Raster	
70	Rebaixamento SAG cenário 01.	Produto	Fig 9.13	R04	Raster	
71	Profundidade zona saturada SAG cenário 01.	Produto	Fig 9.14	R04	Raster	
72	Simulação SAG cenário 02.	Produto	Fig 9.15	R04	Raster	
73	Rebaixamento SAG cenário 02.	Produto	Fig 9.16	R04	Raster	
74	Profundidade zona saturada SAG cenário 02.	Produto	Fig 9.17	R04	Raster	
75	Simulação SAG cenário 03.	Produto	Fig 9.18	R04	Raster	
76	Rebaixamento SAG cenário 03.	Produto	Fig 9.19	R04	Raster	
77	Profundidade zona saturada SAG cenário 03.	Produto	Fig 9.20	R04	Raster	
78	Simulação SAG cenário 04.	Produto	Fig 9.21	R04	Raster	
79	Rebaixamento SAG cenário 04.	Produto	Fig 9.22	R04	Raster	
80	Profundidade zona saturada SAG cenário 04.	Produto	Fig 9.23	R04	Raster	
81	Recuperação SAG com redução de 25%.	Produto	Fig 9.24	R04	Raster	

Complemento 1. Dados tabulares produzidos e utilizados durante a elaboração do projeto, organizado em planilhas.

A	Banco de dados SIAGAS
B	Banco de dados de outorga do DAEE (Online)
C	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIDAS (Físico)
D	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIDAS (Digital)
E	Dados <i>In Situ</i> e de amostras coletadas no âmbito do projeto
F	Análise Hidroquímica e Isotópica de diversos autores
G	Dados brutos do monitoramento dos poços

Anexo II. Pontuação atribuída aos atributos impacto ambiental associado, aquífero, abrangência, atuação, frequência, usuário-alvo, ZPA para classificação das ações propostas.

AÇÃO	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO	IA ASSOCIADO	PONTUAÇÃO IA*	AQUÍFERO		ABRANGÊNCIA		MOMENTO DA AÇÃO			FREQUÊNCIA			USUÁRIO-ALVO			ZONA PRIORITÁRIA DE AÇÃO			PONTUAÇÃO FINAL		
					LI	C	LO	RE	PR	MP	LP	RO	S	A	RU	U	IN	LI	C	PONTOS*			
1	Manter a base de dados construída e promover o uso e a divulgação científica da informação.	Comitê de Bacia e DAEE	Todos	50	5	10	5	10	20			20			X	X	X	I, II, III e IV			100	220	
2	Criar sala de situação em tempo real dos recursos hídricos.	Comitê de Bacia e DAEE	Todos	50	5	10		10	20			20			X	X	X	I, II, III e IV			100	215	
3	Promover a conscientização da população sobre as águas subterrâneas e o uso racional d'água.	Municípios (prefeituras) e comitê de bacias	1-3	45	5	10	5	10	20			20				X		I, II, III e IV			100	215	
4	Investir em programas de monitoramento do nível d'água dos aquíferos.	Comitê de Bacia e DAEE	1	45	5	10	5		20			20			X	X	X	I, II, III e IV			100	205	
5	Promover o diálogo inter-bacia com as UGRHs 04, 08 e 15.	Comitê de Bacia e DAEE	1-4	45	5	10		10		10			10					I, II, III e IV			100	190	
6	Investir em programas de monitoramento hidro-meteorológico.	Comitê de Bacia e DAEE	2	45	Não se Aplica (NA)				10		10		20			Independente			I, II, III e IV			100	185
7	Buscar soluções para o abastecimento urbano.	Municípios (prefeituras)	1-3-4	45	5	10	5				10		10			X		I	I, II, III e IV	90	175		
8	Exigir descrições construtivas, hidrogeológicas, hidrodinâmicas e estratigráficas de detalhe para emissão e renovação da outorga em poços profundos.	DAEE	1-4	45		10	5		20				10		X	X	X	I, II	I, II	80	170		
9	Exigir a declaração obrigatória periódica de medições de volumes relacionados aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos nos termos da Portaria do DAEE nº5.579/2018.	Usuários e DAEE	1-2	45	5	10	5		20			Determinado pela Portaria DAEE nº5.579/2018			X	X	X	I, II	I, II	80	165		
10	Realizar estudos hidrogeológicos de detalhe.	Comitê de Bacia e DAEE	1-3-5	45	5	10	5	10			5			5	Independente			I	I	80	165		

AÇÃO	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO	IA ASSOCIADO	PONTUAÇÃO IA*	AQUÍFERO		ABRANGÊNCIA		MOMENTO DA AÇÃO			FREQUÊNCIA			USUÁRIO-ALVO			ZONA PRIORITÁRIA DE AÇÃO			PONTUAÇÃO FINAL
					LI	C	LO	RE	PR	MP	LP	RO	S	A	RU	U	IN	LI	C	PONTOS*	
11	Implementar o Selo Amigos do Aquífero Guarani (SAAG).	Comitê de Bacia e DAEE	1	45		10	5	10	20			20			X	X	X	NA	I, II, III e IV	50	160
12	Elaborar projeto de recuperação da erosão e aumento da infiltração em áreas rurais para participação no Programa Produtor de Água da ANA.	Comitê de Bacia e DAEE	1-2	45	5		5		20				10		X			I, II, III e IV	NA	50	135

* colocar a pontuação de maior valor entre os impactos ambientais; quando se referir a todos os impactos, utilizar 50. ** somar a pontuação de maior valor das zonas listadas para os LI e C; quando se referir a todas as zonas (I, II, III e IV), utilizar 50.