



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Deliberação CBH - TJ 15/2021, de 10/12/2021

“Aprova Termo de Referência para o Projeto de Demanda Induzida – Estudo da disponibilidade hídrica subterrânea na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani nas sub-bacias do Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, UGRHI 13”

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré (CBH-TJ), Reunido em Assembléia, no uso de suas atribuições legais e;

Considerando a Deliberação CBH - TJ 09/2017 de 18 de dezembro de 2017 que aprovou o Relatório II do Plano de Bacia e Programa de Investimentos da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré;

Considerando a Deliberação CBH - TJ 13/2021, de 10-12-2021 que aprovou a Revisão do Plano de Ação e Programa de Investimento da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré para 2020-2023, onde consta o montante de R\$ 530.891,15 para ser investido no Estudo da disponibilidade hídrica subterrânea na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani nas sub-bacias do Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, UGRHI 13;

Considerando que foram realizadas diversas reuniões da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas para definir o que o Comitê espera desse programa, definindo assim um Termo de Referência base.

Delibera:

Artigo 1º Para o ano de 2021 fica destinado através de demanda induzida no valor R\$ 530.891,15 (quinhentos e trinta mil, oitocentos e noventa e um reais e quinze centavos) dos recursos advindos do FEHIDRO – Cobrança estadual pelo uso da água, à solicitação de elaboração do Estudo da disponibilidade hídrica subterrânea na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani nas sub-bacias do Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, UGRHI 13;

Artigo 2º Ficam as Câmaras Técnicas de Águas Subterrâneas, e Planejamento e Gestão responsáveis por analisar as solicitações apresentadas, bem como definir os critérios de avaliação e escolha do Tomador.

Artigo 3º Fica aprovado o Anexo I a esta deliberação, Termo de Referência do Diagnóstico de contaminação por agrotóxicos na Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré;

Artigo 4º Esta Deliberação entra em vigor na data de sua aprovação pela Plenária, devendo ser publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

ANEXO I

TERMO DE REFERÊNCIA

**ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HIDRICA SUBTERRÂNEA NA ÁREA
DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NAS SUB-
BACIAS DO JACARÉ-GUAÇU E JACARÉ-PEPIRA, UGRHI 13**



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

1. JUSTIFICATIVA

2. OBJETIVO

3. LOCALIZAÇÃO

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

6. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

6.1. 1ª ETAPA - PLANO DE ATIVIDADES

6.2. 2ª ETAPA - LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES E DIAGNÓSTICO
HIDROGEOLÓGICO PRELIMINAR.

6.3. 3ª ETAPA - ANÁLISES DE ENSAIOS DE BOMBEAMENTO E
CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DOS AQUÍFEROS

6.4. 4ª ETAPA - ELABORAÇÃO DE MODELO NUMÉRICO DE FLUXO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS, AVALIAÇÃO DA RECARGA E QUANTIFICAÇÃO DAS
DISPONIBILIDADES DE ÁGUA SUBTERRÂNEAS

6.5. 5ª ETAPA - SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE

7. PRODUTOS ESPERADOS E FORMA DE APRESENTAÇÃO

8. ESTIMATIVA DE CUSTOS E PRAZOS DE EXECUÇÃO

9. CRONOGRAMA FÍSICO

REFERÊNCIAS

ANEXO I- Cronograma Físico (modelo FEHIDRO- Anexo VII)

ANEXO II – Planilha Orçamento (modelo FEHIDRO- Anexo. III)



TERMO DE REFERÊNCIA

ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NAS SUB-BACIAS DO JACARÉ-GUAÇU E JACARÉ-PEPIRA, UGRHI 13

1. JUSTIFICATIVA

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) principal reserva hídrica subterrânea no Estado de São Paulo ocorre por toda área da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI 13), de 11.799 km², dos quais 8.639,44 km², em estado confinado, e 3.139,56 km² aflorante, encontrando a maior parte desta, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Jacaré-Pipira e Jacaré-Guaçu. O SAG é responsável pelo maior volume de água subterrânea captada nas sub-bacias, contribuindo em menor escala os sistemas aquíferos Bauru e Serra Geral.

Conforme disponível em <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/19536/relatorio-situacao-final.pdf>, a Sub-Bacia do Rio Jacaré-Guaçu possui área de 4.183,47 km²; a Sub-Bacia do Rio Jacaré-Pepira, área de 2.670,28 km², correspondendo a 35,4 % e 22,6%, da área da UGRHI 13, respectivamente.

A disponibilidade de água per capita apresenta tendência de redução ao longo dos anos devido ao crescimento populacional, impactando principalmente nas águas subterrâneas, já que praticamente todos os municípios da UGRHI 13 dependem desse recurso para consumo humano. Aproximadamente 50 % desta demanda de água subterrânea são destinadas para esse fim.

Em relação à demanda de água, nota-se que nos últimos 5 anos, a demanda por água superficial permaneceu praticamente estável, enquanto a demanda por água subterrânea aumentou cerca de 45%. Quanto à finalidade de uso, nota-se um aumento de 86% na demanda para abastecimento público e 30% na demanda para uso rural. A maior demanda de água na bacia ainda é para uso industrial.

O balanço de águas subterrâneas na Bacia está em nível crítico e a demanda continua aumentando.

Apesar da relação entre demanda e disponibilidade de águas superficiais se mostrarem em uma situação confortável na UGRHI, quando se analisa esse parâmetro nas sub-bacias, percebe-se que na sub-bacia do Rio Jacaré-Guaçu a demanda já atingiu 49,3% da disponibilidade, muito perto do nível crítico, que é de 50%. Essa sub-bacia tem característica preponderantemente rural, que representam 67% do total, enquanto o setor industrial é responsável por 29%.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

A disponibilidade de água também está diretamente relacionada com a conservação de matas ciliares. Segundo o Plano Diretor de Restauração Florestal a Bacia do Tietê-Jacaré possui um remanescente de Vegetação Natural de apenas 9,42 % e teve uma redução de 22,43% da rede de drenagem entre o início da década de 1970 – 2010.

Em relação à exploração de água subterrânea, a Bacia Tietê-Jacaré já alcançou níveis críticos, atingindo a vazão outorgada de 78,1 % da reserva explorável, sendo a bacia com maior exploração no Estado, ultrapassando em 2019 os níveis de exploração da UGRHi 6, Alto Tietê. A situação é pior nos municípios de Gavião Peixoto, Bauru e Araraquara, com 279%, 226% e 138% da vazão subterrânea outorgada em relação à vazão explorável, respectivamente. Outros municípios que apresentam dados preocupantes são os municípios de Bariri e Itajú, que já superaram a casa dos 100%, tendo seus valores em 135%, 110% respectivamente.

As principais atividades econômicas, conforme disponível em <https://sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao>, estão vinculadas principalmente à agroindústria (açúcar, álcool, processamento de cítricos). Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú, outros setores da indústria, como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam.

Dentre os principais problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos registrados nas sub-bacias destacam-se os seguintes: perda acentuada de água 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.

O Sistema Aquífero Guarani como principal reserva hídrica na UGRHi 13, vê evoluir a demanda por este recurso para fins urbanos e rurais, tornando-se mais vulnerável à alteração da qualidade química de suas águas quando exposto à superfície do terreno. O relatório de situação indica como *estado de precaução* o estágio de uso de água subterrânea na UGRHi 13.

Portanto, é necessário implantar medidas de restrição e controle nestas áreas, por parte do poder público, com respaldo na legislação específica de águas subterrâneas (Lei 6.134/88 e decreto 32.955/91).



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Com esta finalidade a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CT-AS) do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH elaborou a Proposta de “Diretrizes e procedimentos para definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas”, aprovada pela Deliberação CRH nº 52/2005. De acordo com esta Deliberação as medidas de restrição e controle devem ser antecedidas por estudos hidrogeológicos comprobatórios nas áreas potencialmente críticas.

A efetiva implantação das medidas preconizadas na Deliberação CRH 52 não deve, entretanto, basear-se somente em informações que se encontram dispersas em estudos diversos e em diferentes escalas, isto sem contar que muitas estão desatualizadas. É necessário desenvolver, com maior detalhamento, estudos integrados de quantidade (disponibilidade e demanda) e de qualidade, associados a um melhor conhecimento hidrogeológico das áreas por meio de levantamento de dados junto às instituições que os detém, notadamente DAEE, CETESB, Sabesp e Municípios etc., complementados por trabalhos e pesquisa de campo, incluindo inspeção em poços.

Dados disponíveis nos registros do DAEE, órgão de gestão da quantidade das águas no Estado de São Paulo, indicam que existem centenas de poços perfurados nas áreas de estudo, que extraem conjuntamente uma vazão superior a 200 mil m³/dia.

O crescente aumento da exploração subterrânea apresenta como reflexo dos bombeamentos, rebaixamento no nível potenciométrico, notadamente nos maiores centros urbanos de São Carlos e Araraquara, da ordem de 40 m.

Este cenário consiste em causa suficiente para considerar a necessidade da adoção de medidas de proteção, uso racional e sustentável deste manancial subterrâneo. Ressalte-se que a área do Sistema Aquífero Guarani aflorante e imediações, onde há pequena cobertura da Formação Serra Geral, a ocupação do solo na zona rural, é ocupada principalmente por cana-de-açúcar e cítrus.

A UGRHI 13 ao possuir tamanho de área (proporcional) de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no seu território passa a deter responsabilidade muito grande para a implementação de ações de gestão para a proteção e conservação do Aquífero na sua estratégica área de realimentação (CPTI, 2015).



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Segundo Foster et al. (2006), a vulnerabilidade natural à contaminação de um aquífero se refere à acessibilidade de contaminantes e cargas contaminantes e está relacionada com características litológicas da zona não saturada. Assim, a vulnerabilidade significa o grau de proteção que o ambiente natural fornece contra o acesso de contaminantes às águas subterrâneas.

Gomes et al. (2006), classificaram as áreas de recarga do SAG no Brasil por meio de oito Domínios Pedomorfoagroclimáticos, que demonstra quais porções se apresentam mais críticas como áreas de risco. O índice alto ocorre nas margens das principais drenagens, onde as profundidades do nível d'água subterrânea são menores de 20 m. O índice médio ocorre onde as profundidades do nível d'água subterrânea são maiores que 20 m, nas porções mais distantes das principais drenagens.

Desta forma, torna-se premente avaliar o cenário atual de utilização das águas subterrâneas no contexto hidrogeológico, identificando-se as áreas potencialmente críticas em relação ao uso das águas subterrâneas, e que possam ser classificadas como Áreas Potenciais (ARC-PO) e Áreas Prováveis de Restrição e Controle (ARC-PR), visando estabelecer medidas e ações de proteção e de uso racional, buscando a gestão sustentável do recurso.

2. OBJETIVO GERAL

O Plano de Bacia da UGRHi 13 (2017), elaborado com base nos resultados dos indicadores de situação dos recursos hídricos, no diagnóstico e de prognóstico elaborado, definiu o Plano de Investimento 2020-2023, que atualizado pela Deliberação CBH-TJ nº 04/2020 de 17/07/2020, propõe: *Elaborar estudo que identifique a disponibilidade de água subterrânea nas sub-Bacias do Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, suas vulnerabilidades e o grau de exploração atual.*

Nesse estudo deverão ser caracterizadas a disponibilidade e vulnerabilidade das águas subterrâneas e, também, as estimativas da utilização atual e da projeção dos usos múltiplos da água subterrânea, identificando prioridades de uso e áreas de restrição, se forem o caso, nos termos da Deliberação CRH Nº 052 de 15.04.2005. A partir daí, será elaborado o planejamento do uso da água subterrânea nessa área a curto e longo prazo e identificadas e protegidas as áreas de recarga de aquíferos; em especial a do Sistema Aquífero Guarani.



Além disso, deverá ser proposta a rede de monitoramento de nível potenciométrico dos aquíferos e de parâmetros indicadores de qualidade de água subterrânea, identificando e mapeando os pontos de monitoramento existentes dos órgãos gestores e outros com dados disponíveis e acessíveis e elaboração de uma proposta de melhorias na rede de monitoramento de água subterrânea.

2.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podem ser enumerados os seguintes:

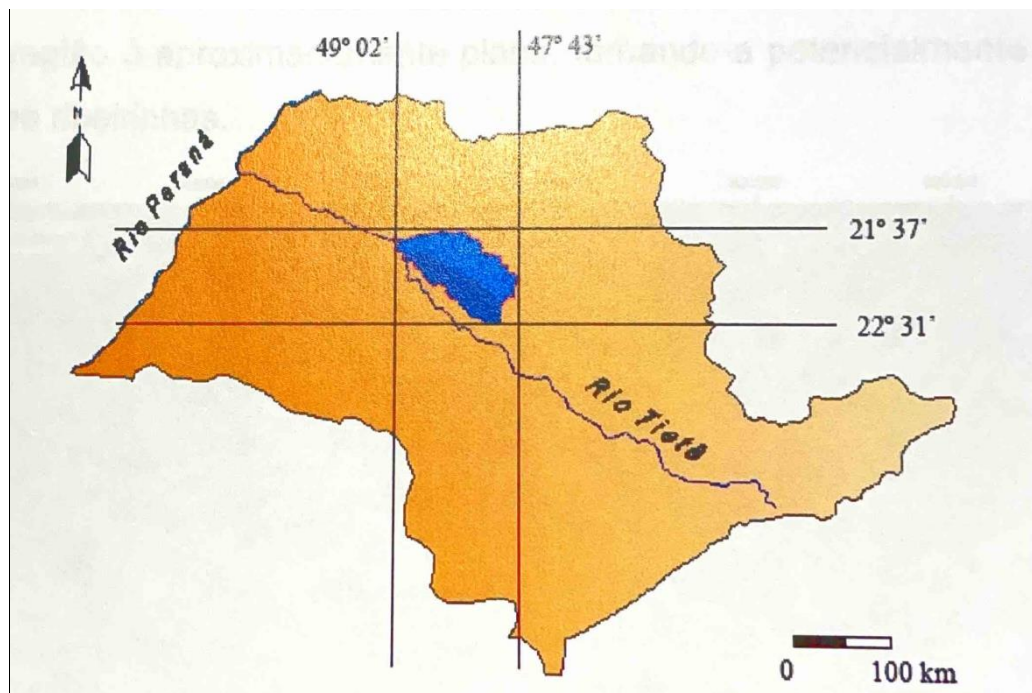
- a. Construção de modelo hidrogeológico conceitual para os aquíferos existentes nas sub-bacias, com base em dados geológicos de subsuperfície, hidrogeológicos, hidro químicos e isotópicos;
- b. Cadastro de poços tubulares em áreas selecionadas como prioritárias;
- c. Levantamento das captações de águas subterrâneas outorgadas em cada município e por sub-bacia, classificadas por finalidade de uso e aquífero;
- d. Avaliação da recarga do Sistema Aquífero Guarani;
- e. Estimativa dos volumes de água subterrânea explorados nos aquíferos presentes nas sub-bacias;
- f. Avaliação da evolução histórica da utilização das águas subterrâneas;
- g. Determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Guarani com base na análise de ensaios de bombeamento;
- g. Elaboração do 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 possibilitando estabelecer áreas prioritárias para a perfuração de novos poços;
- h. Desenvolvimento de produtos cartográficos a partir de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com as informações coletadas no projeto;
- i. Caracterização da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas;
- j. Definição dos pontos para instalar postos de monitoramento da água subterrânea; e
- l. Balanço hídrico integrando ofertas versus demandas superficiais e subterrâneas.



3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo é delimitada pelo conjunto das duas bacias contiguas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, abrangendo importantes centros urbanos, bem como diversificadas atividades agropecuárias e industriais. A população é estimada em 610.000 habitantes (IBGE 2020).

A região perfaz uma área de drenagem de 6.853,75 km², com 140 km de comprimento e 70 km de largura, localizando-se na região central do Estado de São Paulo, a cerca de 250 km da cidade de São Paulo, entre os paralelos 21° 37' e 22° 31' de latitude sul e 47° 43' e 49° 02' de longitude oeste. Pertencentes à Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré, os rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira deságuam na região do curso médio do Rio Tietê. As Bacias Hidrográficas do Jacaré-Guaçu (4.183,47 km²) e Jacaré-Pepira (2.670,28 km²) apresentam características semelhantes, tanto em ocupação e desenvolvimento, como em sua geologia, pedologia, climatologia, hidrologia e hidrogeologia (DAEE, 1974; CORRÊA, 1995).



Fonte: FIPAI (2013)

Figura 1 - Localização das Sub-bacias Jacaré-Guaçu (ao norte) e Jacaré-Pepira (ao sul), – no Estado de São Paulo.

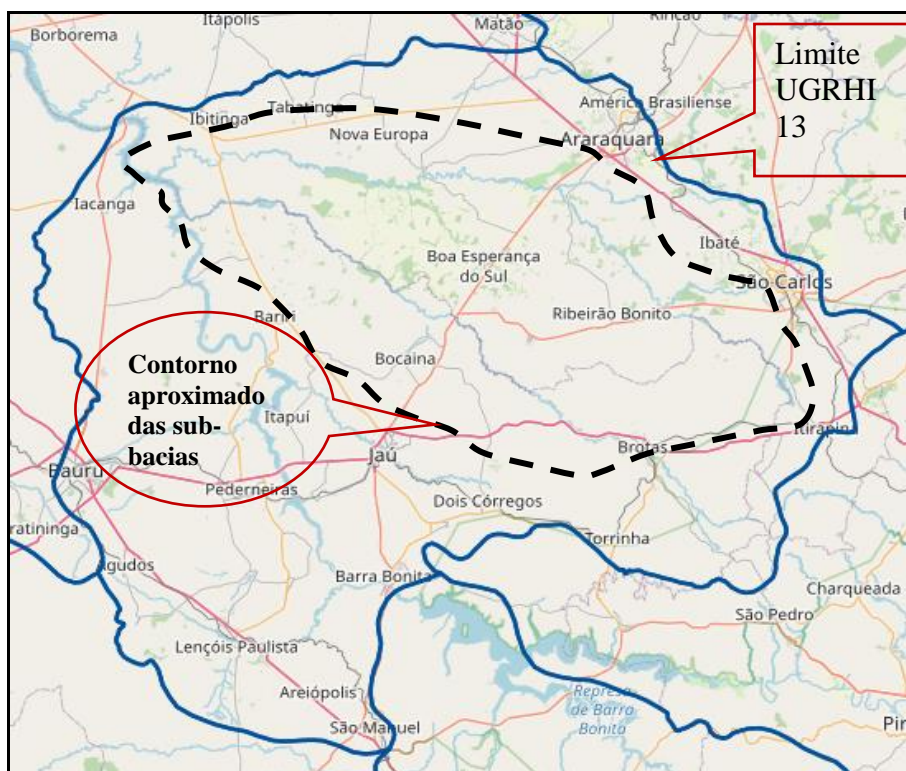


COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br



Fonte: Base Datageo/IPT: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/> consulta em agosto de 2021

Figura 2 - Localização das sub-bacias do Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, na UGRHI 13 – Tietê-Jacaré.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizada como do tipo intracratônica, desenvolvida sobre crosta continental e preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas.

A área encontra-se em sua maior parte assentada sobre sedimentos das Formações Botucatu e Piramboia, enquanto os basaltos da Formação Serra Geral afloram nas bordas das sub-bacias, e a Formação Adamantina (Grupo Bauru), na porção norte.

A Formação Adamantina é caracterizada pela presença de arenitos finos e lamitos sílticos com coloração rósea a acastanhada, de origem flúvio-lacustre, com estratificação cruzada, intercalados a pacotes de argilitos de coloração avermelhada e concreções carbonáticas (GOLDENBERG & GARCIA, 2000). Esta unidade assenta-se de forma direta e discordante, sobre os basaltos da Formação Serra Geral, de idade Juro-Cretácea.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Na área de estudo, a Formação Serra Geral é caracterizada por conjunto de derrames de lavas basálticas, de coloração cinza-escuro a negra, afaníticas e de natureza toleítica. Dados de subsuperfície, obtidos a partir de poços perfurados, indicam que a unidade apresenta grande variação de espessura, podendo atingir até 200 m, com valores médios próximos dos 100 m. Essas variações estão associadas a um sistema de falhas ou às irregularidades do paleorelevo dos arenitos eólicos da Formação Botucatu (HIRATA et al, 2013). Nos locais onde a Formação Serra Geral aflora, nota-se um manto de intemperismo, formado por solo vermelho argiloso.

As ocorrências em superfície da Formação Botucatu são mapeadas ao longo de quase toda a extensão das sub-bacias do Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

Estratigraficamente a Formação Botucatu possui caráter contínuo e de espessura variável, expressando-se comumente na forma de escarpas sub-verticais e alongadas, é constituída por arenitos finos a médios, portando estratificação cruzada de grande porte, boa seleção de grãos foscos, com alta esfericidade e coloração creme a vermelha (AGUIAR e GANDOLFI, 1996). (Figuras 3 e 4)

Os grãos são compostos por quartzo hialinos e alaranjados, raras magnetitas, granulométrica predominante fina, subordinada por grãos médios subarredondados a arredondados, subesféricos, bem selecionado e raramente apresenta matriz argilosa.

A Formação Piramboia é constituída por duas porções distintas em termos faciológicos, uma superior e outra inferior. A superior mais arenosa e a inferior apresentando intercalações entre as areias finas e rochas com maior conteúdo de argila. Por outro lado, a Formação Botucatu está assentada em uma superfície de discordância gerada através de abrasão eólica e tem característica de ambiente desértico com deposição de campos de dunas.

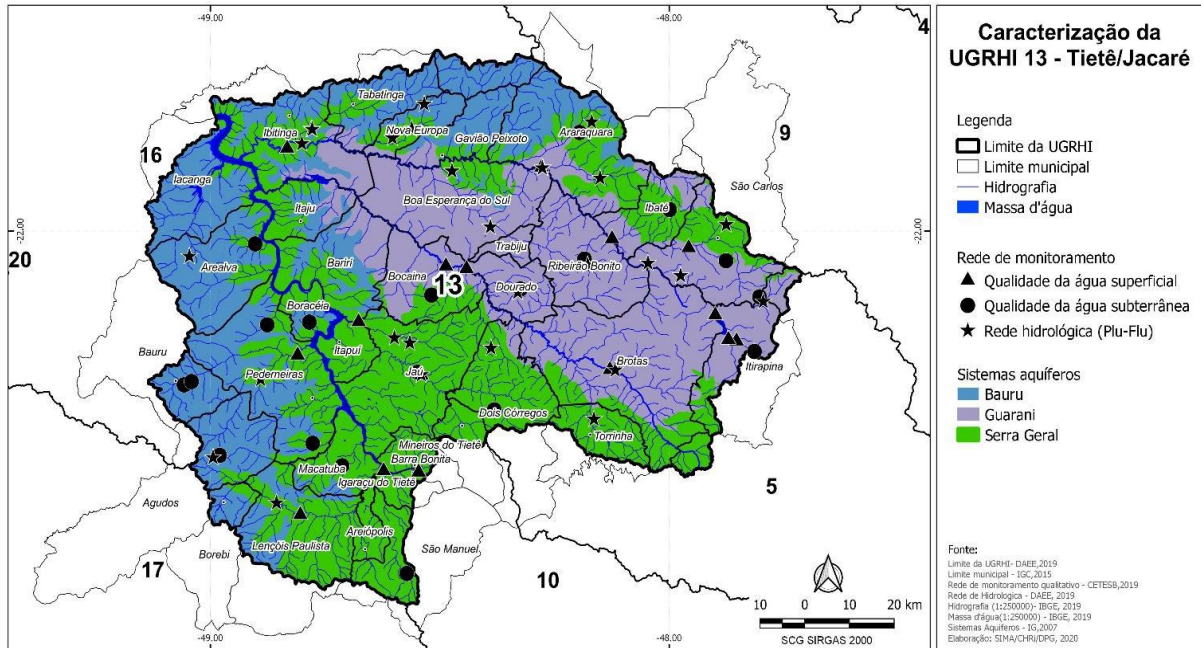


COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

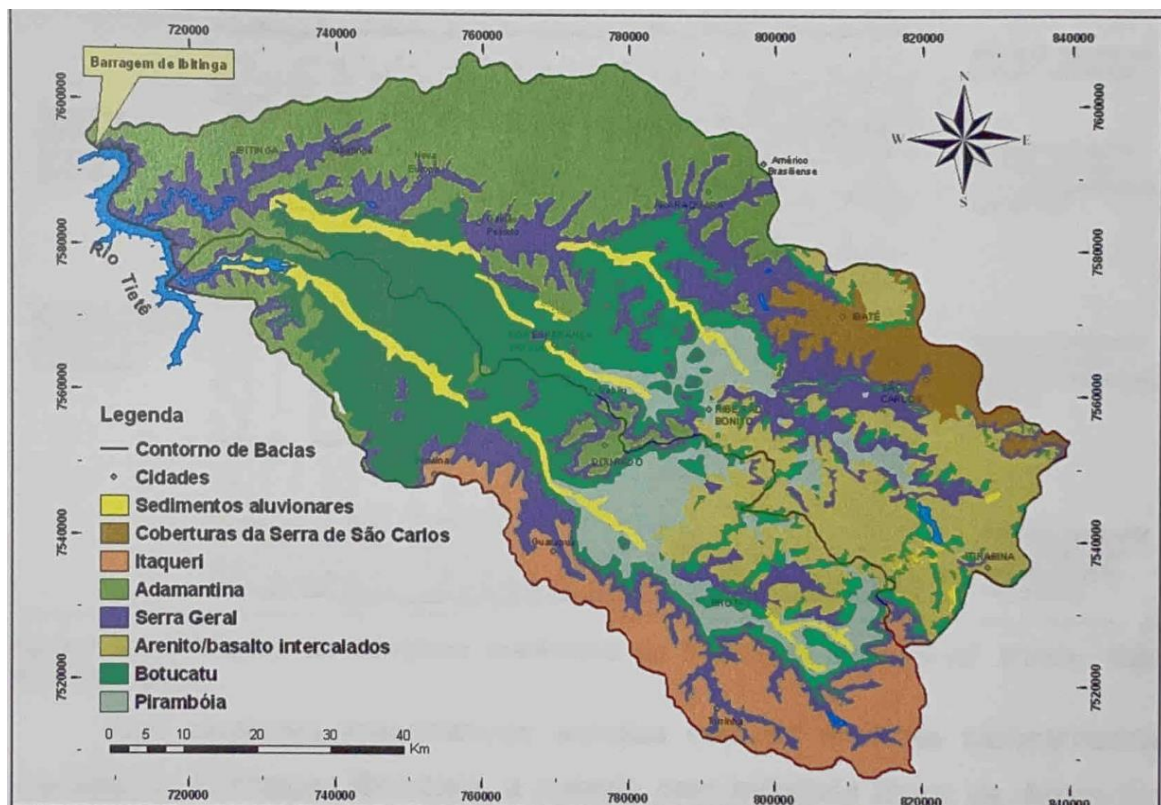
CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br



Fonte: Relatório de Situação de Recursos Hídricos (CBH-TJ, 2020)

Figura 3 – Caracterização da geologia da UGRHI 13



Fontes: IPT (2003); CORRÊA (1995); FIPAI (2013)

Figura 4. Mapa Geológico da área das Sub-bacias



5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

O arcabouço hidrogeológico das Sub-bacias está representado por três importantes unidades aquíferas da Bacia do Paraná: Sistema Aquífero Bauru (SAB), Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG), todas afloram. O Sistema Aquífero Guarani é considerado o principal aquífero da UGRHI 13, e conseqüentemente de ocorrência nas sub-bacias do Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

5.1. Sistema Aquífero Guarani

O SAG está associado ao conjunto de rochas sedimentares mesozóicas continentais siliciclásticas, que ocorrem na bacia sedimentar do Paraná, com limites estratigráficos marcados pela discordância permo-eotriássica em sua base, e no topo pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral. Sua geometria, compartimentação e arquitetura do preenchimento sedimentar e fluxo das águas subterrâneas são controlados pelos principais elementos estruturais dessa bacia (LEBAC, 2008).

O arcabouço geológico do aquífero é representado por um quadro estratigráfico simples, constituído pelas formações Botucatu e Piramboia, que se assenta de maneira discordante sobre a Formação Corumbataí e são parte recobertos pelos basaltos da Formação Serra Geral, e aflorante na maior área das sub-bacias, exposto pelos eventos de erosão, que assolaram as formações superiores.

O SAG na cidade de Araraquara é considerado por Hirata et al. (2013) como um aquífero confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral, entretanto, em algumas áreas afetadas pelo contínuo bombeamento, o nível d água foi rebaixado para seu interior, passando o aquífero a comportar-se como um aquífero livre. O mesmo autor cita que nas porções onde os sedimentos do SAG estão em contato direto com a Formação Adamantina ou nos locais em que a Formação Botucatu aflora, o aquífero é descrito como livre, e por estarem em situação topográfica mais elevada, são considerados zonas de recarga do SAG. Os autores consideram ainda a possibilidade de recarga através das descontinuidades ou fraturas que ocorrem nos basaltos da Formação Serra Geral.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Em FIPAI (2013), a recarga natural ocorre segundo dois mecanismos principais: por meio de infiltração (direta) das águas das chuvas, na área de afloramento, e de forma retardada (indireta) na área confinada, por infiltração vertical (drenança) ao longo de descontinuidades das rochas do pacote confinante, onde a carga potenciométrica favorece os fluxos descendentes.

Os níveis piezométricos registrados em DAEE (1974) revelam uma tendência regional do fluxo subterrâneo de SE-NW, em direção à calha do Rio Tietê, e secundariamente em direção ao vale dos rios principais (Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira).

Ainda segundo esses autores, a descarga ocorre através de: bombeamento dos poços; descarga nas calhas dos rios Jacaré-Guaçu, e Jacaré-Pepira, e escoamento da água subterrânea seguindo o fluxo regional do aquífero, predominantemente para Oeste. Na região de Araraquara o fluxo das águas subterrâneas do SAG apresenta direção predominante SE-NW, e a avaliação temporal das variações dos níveis d'água em poços perfurados na unidade indicam que, apesar da intensa retirada de água realizada na cidade, pouca influência na direção regional do fluxo foi observada ao longo do tempo (HIRATA et al., 2013).

As águas subterrâneas do SAG geralmente são potáveis, apresentando baixa mineralização, de tipologia bicarbonatada cálcica com evolução predominante para bicarbonatada sódica e, em alguns setores, para cloratada sódica. Devido à evolução do SAG em zonas confinadas profundas, as águas apresentam elevados pHs e temperatura. (HIRATA et al., 2008; GASTMANS et al., 2010).

De acordo com estudos de Gomes (2008), na Bacia do Córrego da Onça, município de Itirapina, a recarga direta variou de 14 % a 38 % e a recarga profunda variou de 0,4 % a 2,4 % das respectivas precipitações no período.

Quanto aos parâmetros hidrodinâmicos do SAG, CORRÊA (1996) utilizou informações de 218 poços cadastrados nas Bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e constatou valores de:

Transmissividade (m^2/dia) - que varia entre 17,03 a 662,98

Permeabilidade ($m/s \times 10^{-5}$) - que varia entre 0,16 a $5,0 \times 10^{-5}$

Capacidade específica ($m^3/h/m$) - que varia entre 0,04 e 15,22

Poços tubulares com profundidade de 281,70 m, no município de Boa Esperança do Sul; 320 m, em Bocaina; 400 m, em Araraquara, e 450 m, na cidade de Ibitinga, finalizaram sem atravessar toda a unidade geológicas que compõe o SAG. É muito frequente finalizar a perfuração em corpo de "sill" de diabasio (Cadastro DAEE).



5.2. Sistema Aquífero Serra Geral

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), associado à formação geológica homônima, ocorre em superfície na região das Cuestas Basálticas, na porção intermediária do estado, junto aos municípios de Itirapina, Brotas, Torrinha, e em regiões mais rebaixadas junto às margens do Rio Tietê, na porção norte, onde afloram os basaltos.

É recoberto em grande parte pelo Aquífero Bauru (SAB), e se situa acima do Aquífero Guarani (SAG) (DAEE et al., 2005). Possui condições aquíferas distintas, determinadas pelas discontinuidades, pelo grau de alteração dos horizontes vesiculares e pela alimentação com outros aquíferos. Sua recarga se dá por meio da infiltração de águas pluviais sobre solos basálticos, que atinge as zonas de alteração e fissuras da rocha matriz (DAEE et al., 2005).

5.3. Sistema Aquífero Bauru

O Sistema Aquífero Bauru (SAB), recobre grande parte do SASG, e é uma importante fonte de abastecimento para toda a porção oeste do estado, no Planalto Ocidental Paulista.

Considerado um aquífero freático, sua recarga é feita diretamente pela precipitação pluvial e o fluxo regional da água se dá em direção Oeste.

Na região o SAB pode ser caracterizado como um aquífero do tipo poroso e livre a localmente confinado, com espessura máxima de cerca de 100 metros, que se assenta discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral.

A superfície piezométrica do SAB pode ser representada pelos níveis de água mais superficiais que acompanham ligeiramente a configuração da superfície topográfica, conforme observado nos estudos realizados por DAEE (1976, 1979). Na área mais extensa de ocorrência do Grupo Bauru no estado de São Paulo, onde predominam sedimentos das formações Marília e Adamantina, o SAB apresenta vazões variando de 3 a 20 m³ h⁻¹.

6. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

Para entender efetivamente o contexto hidrogeológico desses locais, incluindo o modelo de infiltração e circulação das águas, as condições atuais de exploração, assim como os impactos nas águas subterrâneas, decorrentes da ocupação do solo, é necessário desenvolver atividades de: cartografia, geologia e geofísica, hidrogeologia (que inclua levantamento e investigação em poços e de fontes de contaminação) e a construção de mapas de zoneamento de áreas sensíveis sob os aspectos da quantidade e da qualidade, com apoio de modelagem conceitual e numérica.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

As atividades, detalhadas a seguir, deverão ser executadas, sem prejuízo de outras que sejam consideradas fundamentais ao fornecimento de bases técnicas consistentes para a tomada de decisão pelo poder público, com propostas de restrição e/ou controle do uso das águas subterrâneas, quando for o caso.

As atividades previstas serão divididas nas seguintes etapas:

1ª ETAPA - Plano de Atividades;

2ª ETAPA - Levantamento de dados existentes e diagnóstico hidrogeológico nas sub-bacias do Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu;

3ª ETAPA - Análises de ensaios de bombeamento e caracterização hidroquímica dos aquíferos;

4ª ETAPA - Elaboração de modelo numérico de fluxo das águas subterrâneas; e

5ª ETAPA - Elaboração de proposta para o estabelecimento das condições de exploração dos poços do SAG em operação, e delimitação, conforme a necessidade, 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.

6.1. 1ª ETAPA - Plano de Atividades

A primeira etapa do projeto consistirá na apresentação do plano de atividades pela executora do estudo. Esse plano deve conter a descrição detalhada de todas as atividades a serem realizadas nas etapas subsequentes, contemplando a caracterização, metodologia de execução, fluxograma e cronograma das atividades que compõem os serviços, e que constituirá o Produto 01 do presente projeto.

O Plano de Trabalho deverá conter todas as definições estabelecendo as diretrizes a serem seguidas para construção e implantação dos estudos a serem realizados. Nesse sentido, deverá ser configurado todo o planejamento dos trabalhos, contextualização dos estudos necessários, indicação das equipes, seu perfil, a descrição das atividades com sua organização, o organograma para os trabalhos, fluxograma e tudo o mais que norteie o desenvolvimento e acompanhamento da elaboração do objeto desse estudo.

Nesse plano será possível subdividir os trabalhos, em diversas etapas e atividades, que sejam harmonizados num planejamento integrado. Toda a sua experiência deverá ser empenhada nesse planejamento.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Ao longo da execução dos serviços, os cronogramas e fluxogramas apresentados no Plano de Trabalho poderão ser atualizados conforme se fizer necessário.

Assim, em até 30 (trinta) dias após a emissão da ordem de serviço deverá ser apresentado o relatório contendo o **PRODUTO 1**.

6.2. 2ª ETAPA - Levantamento de dados existentes e diagnóstico hidrogeológico preliminar.

O levantamento dos dados existentes deverá subsidiar uma avaliação hidrogeológica preliminar, que, por meio da consolidação de informações dispersas em bancos de dados isolados, estudos prévios bem como outras informações pertinentes, possibilitarão o planejamento e a execução das etapas subsequentes do projeto.

Esse levantamento de informações irá inicialmente compor um banco de dados estruturado, capaz de subsidiar a elaboração de mapas que possibilitem a visualização das informações coletadas. As informações a serem coletadas e as fontes de informação são as seguintes:

Levantamento das bases topográficas planialtimétricas existentes, em diferentes escalas para a delimitação da área física na qual será desenvolvido o estudo;

Perfis de poços em cadastros diversos (DAEE, IG, Universidades, empresas de perfuração, Municípios etc.);

Levantamento das captações de águas subterrâneas outorgadas em cada município e por sub-bacia, classificadas por finalidade de uso e aquífero;

Apresentação e análise do histórico anual dos últimos 10 anos de das captações de água subterrânea em cada município, classificado por finalidade de uso, avaliando a densidade dos pontos de captação, indicando áreas vulneráveis para gestão quanto à exploração de águas subterrâneas;

Levantamento e compilação de dados relativos aos estudos hidrogeológicos anteriores;

Levantamento de informações relativas à dinâmica da expansão das cidades que permitam a análise das tendências de crescimento no âmbito espacial e temporal: análise da evolução da mancha urbanizada, considerando-se os limites entre áreas urbanas e não urbanas.

Com base nesses levantamentos, essa avaliação hidrogeológica preliminar deverá apresentar os seguintes produtos:



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Estudo do domínio hidrogeológico no qual estão inserido as Sub-bacias, descrevendo de maneira completa os aquíferos existentes;

Elaboração de mapa hidrogeológico na escala 1:100.000 de toda a área das Sub-bacias, contendo informações a respeito de geometria, fluxo, qualidade de água, dentre outros atributos;

Deverão ser apresentados em tabelas, e em mapas, com auxílio de software de geoprocessamento (GIS) os dados referentes aos poços utilizados na elaboração do estudo do domínio hidrogeológico das Sub-bacias. Para tanto, deverão ser observados os usos cadastrados no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo e de outros órgãos). Deverão ser utilizados dados públicos a serem disponibilizados através de solicitação formal junto ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), especialmente àqueles referentes à outorga; e

Assim, em até 150 (cento e cinquenta) dias após a emissão do PRODUTO 1 deverá ser apresentado o relatório contendo o **PRODUTO 2**.

6.3. 3ª ETAPA - Análises de ensaios de bombeamento e caracterização hidroquímica dos aquíferos.

Essa terceira etapa dos trabalhos envolve a aquisição de dados de campo que irão auxiliar na compreensão do arcabouço hidrogeológico, e fornecerão subsídios importantes para a elaboração do modelo conceitual de circulação de águas subterrâneas e as simulações numéricas de fluxo das águas subterrâneas, produto a ser desenvolvido na próxima etapa do trabalho.

Os trabalhos a serem realizados nessa etapa consistem em:

Levantamento de campo com objetivo de medição dos níveis d'água estáticos e dinâmicos, em poços tubulares profundo, bem como a avaliação das vazões de exploração, em poços perfurados nos diferentes aquíferos explorados nas Sub-bacias. Para a realização dessa etapa com sucesso é importante contar com a colaboração e apoio dos gestores de recursos hídricos da bacia, bem como a dos usuários, por meio de comunicação prévia;

Identificação de conjuntos de poços tubulares perfurados nos diferentes aquíferos, mas especialmente no SAG, próximos uns aos outros, em que possam ser realizados ensaios de bombeamento com medições de interferência, de maneira a possibilitar a caracterização de parâmetros hidrodinâmicos, como a Transmissividade e o Coeficiente de Armazenamento;



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Execução dos ensaios de bombeamento, garantindo para que condições mínimas sejam alcançadas, a saber: tempos de bombeamento de 36 horas contínuas, com acompanhamento de níveis d água com utilização de transdutores de pressão, pelo menos no poço de observação. Medição de níveis de água e de vazão de poços selecionados; realização de ensaios de interferência entre poços, obtenção e interpretação dos parâmetros hidráulicos do aquífero, principalmente onde houver indícios de rebaixamento acentuado do nível da água subterrânea. Números indicativos de 3 (três) ensaios deverão ser considerados e a critério da equipe de fiscalização e, ainda, o método e a duração do teste ficam a critério do executor; mapeamento potenciométrico, com vistas à verificação de rebaixamentos generalizados do nível de água e análise da existência de áreas de rebaixamento excessivo;

Coletas de amostras de água e análises químicas laboratoriais visando diagnóstico complementar da qualidade, identificação de anomalias naturais e caracterização hidroquímica e isotópica em vinte poços. A malha de amostragem deverá ser apresentada previamente para discussão. Os parâmetros a serem determinados em campo são: pH, Eh, condutividade elétrica, temperatura do ar e água, alcalinidade (total e parcial), nitrato, apresentado o relatório contendo o **PRODUTO 3**.

6.4. 4ª ETAPA - Elaboração de modelo numérico de fluxo das águas subterrâneas, avaliação da recarga e quantificação das disponibilidades de água subterrâneas

A partir dos dados e resultados obtidos nas etapas anteriores, um modelo hidrogeológico conceitual será estabelecido e posteriormente testado por modelos numérico de fluxo a ser desenvolvido nessa etapa. Toda a elaboração desses modelos estará vinculada ao conhecimento de diversos aspectos hidrológicos e geológicos das Sub-Bacias, tais como, levantamentos dos dados hidrológicos, vazões mínimas, máximas e médias, objetivando a quantificação das disponibilidades de água superficiais e subterrâneas.

Para a caracterização dos aspectos relativos às disponibilidades das águas subterrâneas, assim como o estabelecimento de cenários das condições de uso atual e futuro, das áreas dos estudos, será necessário o conhecimento de aspectos geológicos, pois o conhecimento adequado do arcabouço geológico é base fundamental para a compreensão da hidrogeologia e as condições de recarga, armazenamento e circulação das águas



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

subterrâneas, bem como para a definição da delimitação e mapeamento das características geométricas e hidroestratigráficas dos aquíferos.

Será necessário conhecer os seguintes aspectos geológicos:

- Correlação e extensão lateral, com base em perfilagens elétricas de poços já existentes (perfil composto), de camadas arenosas intercaladas com camadas argilosas, principalmente onde ocorrerem áreas potencialmente críticas;
- Anomalias geológicas e demais condições de contorno e estratigráficas do Aquífero Guarani na região. Para isto deverão ser desenvolvidos trabalhos de escritório e de campo, com apoio de ferramentas de geofísica – SEV Sondagem Elétrica Vertical, ou outra técnica que forneça resultados satisfatórios.

Portanto, deverão ser caracterizados:

No tema da Geologia:

- Estratigrafia dos aquíferos (SAB, SASG e SAG); e
- Geometria dos aquíferos (SAB, SASG e SAG).

Na tema de Hidrogeologia:

- Hidroestratigrafia dos aquíferos (SAB, SASG e SAG) e suas características hidrodinâmicas;
- Mapa de superfícies piezométricas; e
- Realização de um ensaio de interferência entre poços, obtenção e interpretação de dados hidráulicos de testes;

A partir da análise conjunta de todas essas informações será elaborado o Modelo Hidrogeológico Conceitual para os aquíferos (SAB, SASG e SAG) com a proposição dos mecanismos gerais do processo de infiltração, recarga e circulação das águas subterrâneas.

O método utilizado deverá ser descrito e o resultado, ilustrado com figuras e desenhos, como seções hidrogeológicas e blocos diagramas, e que irão subsidiar a elaboração de modelo numérico computacional de simulação de fluxos das águas subterrâneas.

O modelo conceitual elaborado será transposto para um modelo numérico, seguindo uma sequência de atividades propostas de diversos Protocolos de Aplicação de Modelos (PAM's) atualmente em uso no meio técnico, que passam por atividades de preparação (elaboração do modelo conceitual e a seleção do código a ser utilizado), a fase de calibração do modelo, que visa à validação das simulações e os valores observados em campo. Essas variáveis podem ser cota do nível d'água e parâmetros hidrodinâmicos.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Finalmente, a última etapa, a de aplicação do modelo elaborado, na qual serão validados cenários de extração de águas subterrâneas dos aquíferos (SAB, SASG e SAG), visando obter uma configuração que permita uma exploração racional do aquífero, minimizando os efeitos de interferência entre poços e o rebaixamento dos níveis.

Assim, em até 150 (cento e cinquenta) dias após a entrega do **PRODUTO 3** deverá ser apresentado o relatório contendo o **PRODUTO 4**.

6.5. 5ª ETAPA - Simulação de cenários de exploração de águas subterrâneas e proposição de medidas de controle

A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores, especialmente com base no modelo numérico de simulação de fluxo, deverá ser avaliada a condição atual de exploração dos aquíferos, possibilitando o indicativo de zoneamento das condições de uso das águas subterrâneas, indicando locais definidos como áreas comprovadamente críticas sob os aspectos quantitativos e qualitativos, nos termos da Deliberação CRH 52/2005, bem como a adoção de medidas de restrição e controle para melhorar a situação de utilização das águas subterrâneas, com especial atenção para a área de maior concentração de poços, principalmente aqueles mais utilizados para abastecimento das populações.

Deverão ser tomados como referências estudos anteriormente executados nos municípios de São Paulo (Jurubatuba) (DAEE/Servmar, 2013), São José do Rio Preto (DAEE/Servmar, 2013), Bauru (DAEE, 2015), Jacaré-Caçapava-São José do Rio Preto (DAEE, 2015) e por IG (2013).

Durante essa etapa final do trabalho, se necessário, poderá ser realizado levantamento de poços que possam ser utilizados como futuros piezômetros para o monitoramento de níveis estáticos, propondo-se uma malha mínima para o estabelecimento de uma rede de monitoramento, bem como alguns parâmetros básicos de observação em poços em operação, poderão também ser apontados no relatório final.

Assim, em até 60 (sessenta) dias após a entrega do **PRODUTO 4** deverá ser apresentado o relatório contendo o **PRODUTO 5**.

As áreas assim consideradas serão caracterizadas e delimitadas necessariamente sobre as cartas 1:10.000, podendo ser contínuas ou não.

7. DOCUMENTOS TÉCNICOS ESPERADOS E FORMA DE APRESENTAÇÃO



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Os documentos técnicos com resultados do projeto serão apresentados na forma de um plano de trabalho (PT), três relatórios parciais (RP) e o relatório final (RF). Estes produtos serão entregues conforme cronograma físico apresentado a seguir, bem como a descrição do conteúdo esperado para cada um desses produtos.

O andamento das etapas do trabalho será comprovado, por meio de reuniões técnicas e da entrega de relatórios parciais, contendo a descrição das atividades realizadas e fase de execução do projeto.

Os relatórios parciais deverão conter a descrição sucinta das atividades desenvolvidas correspondentes à execução das etapas do projeto. Serão inclusos fotos, figuras e croquis de modo a retratar os resultados alcançados. As reuniões técnicas acontecerão concomitantemente à entrega dos relatórios e/ou a qualquer tempo, desde que solicitado com 10 (dez) dias de antecedência.

7.1. Plano de Trabalho

O plano de trabalho (PT) deverá ser apresentado até o final do primeiro mês após a assinatura do contrato, contendo a descrição sucinta de cada uma das atividades propostas para a consecução do objetivo proposto por esse projeto.

7.2. Relatórios Parciais (RP)

Serão elaborados quatro relatórios parciais, que deverão contemplar o conteúdo de todas as atividades executadas, com descrição dos métodos utilizados, resultados parciais e interpretação de dados e produtos obtidos, da segunda, terceira e quarta etapas dos trabalhos. O período de execução e prazo de entrega dos relatórios parciais, conforme apresentado a seguir no Cronograma Físico. Esses relatórios deverão ser entregues em 2 cópias impressas, formato A4, e disponibilizadas em formato digital.

Os produtos esperados são sintetizados a seguir:

2ª Etapa (Relatório Parcial 01): O relatório parcial 01 deverá sistematizar as atividades realizadas durante a segunda etapa do trabalho e conter no mínimo as seguintes informações:



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

- Sistematização das informações já existentes sobre geologia, hidrogeologia, poços, uso de água subterrânea, dentre outros;
- Base de dados cartográfica georreferenciada em escala compatível ao propósito do projeto, sistematizando toda a informação levantada nessa etapa.

3ª Etapa (Relatório Parcial 02): O relatório parcial 02 deverá sistematizar as atividades realizadas durante a terceira etapa do trabalho e conter no mínimo as seguintes informações:

- Sistematização das informações piezométricas da área, com elaboração de mapa potenciométrico com a definição das direções de fluxo das águas subterrâneas dos aquíferos;
- Sistematização das informações de exploração das águas subterrâneas na Sub-Bacias Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira;
- Definição de pontos para a realização de ensaios de bombeamento com interferência entre poços e os resultados dos ensaios realizados;
- Mapa de pontos de coleta de amostras de água subterrânea e resultados analíticos das análises químicas realizadas e estudo hidrogeoquímico;
- Cálculo dos tempos de residência das águas subterrâneas.

4ª Etapa (Relatório Parcial 03): O relatório parcial 03 deverá sistematizar as atividades realizadas durante a quarta etapa do trabalho e conter no mínimo as seguintes informações:

- Descrição detalhada do modelo hidrogeológico conceitual de fluxo das águas subterrâneas na Sub-Bacias Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, compilando informações levantadas nas etapas anteriores e que possibilitem o estabelecimento das condições de contorno e a geometria das unidades para a construção do modelo numérico de fluxo;
- Elaboração do modelo numérico de fluxo, com apresentação de modelo em regime permanente para as condições atuais de exploração das águas subterrâneas na área de estudo.

5ª Etapa (Relatório Parcial 4): O relatório parcial 04 deverá sistematizar as atividades realizadas durante a quinta etapa do trabalho e conter no mínimo as seguintes informações:



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

- Simulação de cenários de exploração dos aquíferos das Sub-Bacias Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, com diversos espaços temporais;
- A partir do cadastro de poços deverá ser proposta rede de monitoramento, prioritariamente dirigida ao Sistema Aquífero Guarani. Serão selecionados os poços adequados para a implantação da rede, procedendo, nos mesmos, completo diagnóstico para esta finalidade e proposta a infraestrutura necessária.
- Zoneamento das condições de uso das águas subterrâneas com indicação de áreas críticas quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos;
- Recomendações referentes à utilização racional e proteção das águas subterrâneas para os municípios;
- Proposição de uma rede de monitoramento quali-quantitativo para os aquíferos presentes nas Sub-Bacias Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

7.3. Relatório Final (RF)

O relatório final consistirá na apresentação das atividades realizadas e consolidação dos principais resultados e conclusões dos RPs. Ele deverá ser impresso e entregue em 2 cópias, e em formato digital. Também deverão ser entregues: todos os materiais e resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto (mapas em formato digital, ambiente SIG, shapefiles, banco de dados, cópias de materiais digitais elaborados ou adquiridos, como imagens de satélite e fotos aéreas);

Um relatório síntese com no máximo 80 páginas, editorado/diagramado deverá ser entregue para publicação.

8. ESTIMATIVA DE CUSTOS E PRAZOS DE EXECUÇÃO

O custo total é de R\$ 530.891,15 (quinhentos e trinta mil, oitocentos e noventa e um reais e quinze centavos) de acordo com o orçamento do ANEXO II.

9. CRONOGRAMA FÍSICO

As atividades deverão ser executadas de acordo com previsão do cronograma físico do ANEXO I.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (2015). Relatório de Qualidade Ambiental.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 7, 8, 9 - Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba. São Paulo: DAEE, 1976. v. 1 e 2.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Manual de operação e manutenção de poços. Rocha, G.R. e Jorba, A. F. São Paulo, 1982. 96p

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA//INSTITUTO GEOLÓGICO. Projeto Jurubatuba. Restrição e controle de uso de água subterrânea. Cadernos do projeto ambiental estratégico Aquíferos. 2009. Nro. 1

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA//INSTITUTO GEOLÓGICO. Projeto São José do Rio Preto. Restrição e controle de uso de água subterrânea. Cadernos do projeto ambiental estratégico Aquíferos. 2011. Nro. 4

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/LABORATÓRIO DE ESTUDOS DE BACIAS-UNESP. (2010 e 2011), "Regionalização de diretrizes de utilização e Proteção das Águas Subterrâneas – Fases I e II".

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. 2006. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial, Washington, 104p.

HIRATA, R.; SANGIORGE, M.; WAHNFRIED, I.; LIMA, J.B.V.(2013). Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Araraquara, Geologia Série Científica USP, Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, v.13, n.2, P 111-137, Agosto 2013.

MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO : escala 1:1.000.000 : nota explicativa/ [coordenação geral Gerônimo Rocha]. - São Paulo : DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica : IG-Instituto Geológico : IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005.

MEAULO, F. J. (2007). Caracterização geológica, hidrogeológica e o mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição aquíferos, na escala 1:25.000, das áreas urbana e de expansão do município de Araraquara – SP. Tese de Doutorado, UNESP/Rio Claro.

SCALVI, B. T. (2016). Arcabouço Hidroestratigráfico e Evolução Temporal dos Níveis D'água no Sistema Aquífero Guarani na Cidade de Araraquara – SP, Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2016.

SCALVI, B. T., G, DIDIER (2016). Caracterização Hidrogeológica e Monitoramento dos Níveis D'água no Sistema Aquífero Guarani na Cidade de Araraquara (SP). Artigo Submetido Revista Águas Subterrâneas, 2016.

BARRETO, C. E. A. G.; GOMES, L. H. & WENDLAND, E. (). Balanço Hídrico em Zona de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de Monitoramento Hidrogeológico em Bacia Representativa.

FERNANDO ROBERTO DE OLIVEIRA; FABRÍCIO BUENO DA FONSECA CARDOSO & PAULO LOPES VARELLA NETO. Panorama da Gestão Integrada Água Subterrânea/Água Superficial no Brasil

FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL – FIPAI/USP (2013). Desenvolvimento de Modelo Numérico de Fluxo para Estimativa de Cenários de Interferência no Aquífero Guarani na Região das Bacias Hidrográficas do Tietê-Jacaré.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ - JACARÉ

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - Fone: (16)3333-7010 - Fax: (16)3333-2525

CEP: 14.807-071 - Araraquara - SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS – CPTI/IPT (2015). Estudo da Dinâmica Subterrânea e Interconexões Hidráulicas na Área de Ocorrência do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré (UGRHI 13).

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS – CPTI/IPT (2009) . Diagnóstico dos Processos Erosivos e Delimitação da Área de Recarga no Sistema Aquífero Guarani na Região Sudeste de Araraquara.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (2011). Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.