

# **ESTUDO DA RECARGA NA ÁREA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO TIETÊ/JACARÉ, REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE SÃO PAULO: RESULTADOS PRELIMINARES**

José Luiz Albuquerque Filho<sup>1</sup>; Marcele Carla Nicolau<sup>2</sup>, Danielle Coimbra Moreira<sup>3</sup>  
& Ana Maciel de Carvalho<sup>4</sup>

## **RESUMO**

O Sistema Aquífero Guarani (SAG), confinado em algumas regiões e livre em outras, tem despertado grande preocupação. A Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré (UGRHI 13), na qual 31,20% da área total corresponde à zona de recarga do manancial, passa a assumir importância estratégica tanto para própria Bacia, como para demais regiões do Brasil onde ele ocorre. Sendo assim, essa Bacia possui grande responsabilidade para a implementação de ações de gestão para a proteção e conservação do aquífero. A presente pesquisa pretende ampliar o conhecimento acerca da dinâmica subterrânea e interconexões hidráulicas entre águas subterrâneas e os cursos d'água superficiais na área de ocorrência do SAG na UGRHI 13. Neste momento a pesquisa está focada no conhecimento do estado da arte acerca de estudos de recarga subterrânea, notadamente em relação ao Aquífero Guarani na área de interesse.

## **ABSTRACT**

The Guarani Aquifer System (GAS) has been presenting a growth in its use since 1970. This fact, associated with their physical and hydraulic characteristics, which are confined in some regions and in others unconfined, has aroused great concern. The Tietê/Jacaré Hydrographic Basin (UGRHI 13) has part of the recharge zone of the GAS (31.20% of its total area) in its territory, a source of strategic importance both for its own basin, and for other regions of Brazil that it occurs, and hold great responsibility for the implementation of management actions to protect and conserve the aquifer system in its area of strategic feedback. This research aims to expand knowledge about the underground and hydraulic interconnections between groundwater and surface water in the area of occurrence of the GAS in UGRHI 13. At the moment this research is focused on studies related to

---

<sup>1</sup>Hidrogeólogo Pesquisador III, Dr., Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, Av. Prof. Almeida Prado nº532, São Paulo, SP, CEP 05508-901. Tel.: (11) 37674362. Email [albuzzelu@ipt.br](mailto:albuzzelu@ipt.br). <sup>2</sup>Geóloga, Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais-CPTI, Rua Victor Brecheret nº59, Vila Yara, Osasco, SP, CEP 06026-000. Tel.: (11) 36813893. E-mail [marcele@cpti.com.br](mailto:marcele@cpti.com.br). <sup>3</sup>Bolsista de Iniciação Tecnológica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: [daniellec@ipt.br](mailto:daniellec@ipt.br). <sup>4</sup>Geóloga, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: [amaciel@ipt.br](mailto:amaciel@ipt.br)

groundwater recharge, especially in relation to the portion of the GAS located in the area of the study.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recarga Subterrânea; Sistema Aquífero Guarani; UGRHI-13.

## 1 - INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um grande reservatório de águas subterrâneas, que se estende por uma área de 1.087.879,15 km<sup>2</sup>, ocupando partes do território do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. No Brasil ocorre em área de 735.917,75 km<sup>2</sup> abrangendo parte da superfície de oito estados das regiões sul, sudeste e centro-oeste, quais sejam, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. No Estado de São Paulo possui área total de 142.958,48 km<sup>2</sup> (OEA, 2009).

No Estado de São Paulo, o SAG aflora em uma faixa estimada em 23.500 km<sup>2</sup> nas regiões de Franca, Ribeirão Preto, São Carlos e Botucatu, correspondendo a apenas cerca de 16,5 % de sua área total (IPT, 2009).

Essa área se traduz em região de interesse estratégico, tanto pelo significado em termos da recarga do SAG, como pelas atividades econômicas que ali se desenvolvem.

O SAG, constituído pelas Formações Botucatu e Pirambóia, pode alcançar espessuras de até 450 metros nas áreas centrais da Bacia do Paraná. As duas formações se constituem numa única unidade aquífera.

O SAG vem sendo crescentemente utilizado, a partir da década de 1970, como resultado da aceleração do processo de concentração populacional urbana, com degradação dos mananciais de superfície, pela falta de saneamento ambiental adequado das cidades (esgoto, lixo e outros).

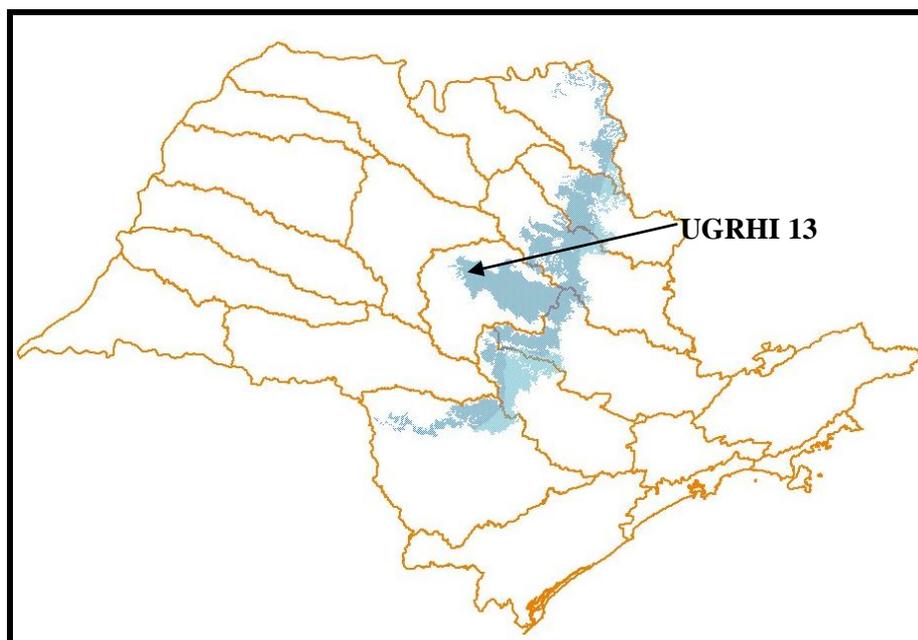
Esse fato, aliado às características físicas e hidráulicas do SAG, quais sejam, confinado (com águas muito antigas) em algumas regiões e livre em outras (com alta vulnerabilidade à poluição), tem despertado grande preocupação na comunidade técnico/científica e Governos, dado o significado estratégico para abastecimento das próximas gerações.

No Estado de São Paulo, o SAG é explorado por cerca de 1.500 poços e ocupa grande parte do Estado de São Paulo, a partir da sua região central para norte, sul e oeste. Sua área de ocorrência ocupa cerca de 140 mil km<sup>2</sup>, sendo apenas 16,5 % em área exposta, situada a leste do Estado e por onde ocorre o afloramento e 83,5 % em área confinada, a Oeste, recoberta pelos derrames de basaltos da Formação Serra Geral e os sedimentos das formações geológicas do Grupo Bauru.

O uso do solo nas áreas mais vulneráveis à contaminação, ou seja, as áreas de afloramento continuam sendo ocupadas pela agroindústria sucro-cítrica e alcooleira, sem planejamento que

discipline estas atividades. O Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco a Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (IG, Cetesb, DAEE, 1997), apresenta os diferentes graus de suscetibilidade dos aquíferos, à contaminação. Segundo esse estudo, a área de afloramento do SAG encontra-se classificada entre média e alta vulnerabilidade.

A **Figura 1**, a seguir, apresenta a ocorrência da área de afloramento do SAG nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), estabelecidas pela Lei Estadual 7663/91 (São Paulo, 1991) e sua regulamentação decorrente. Destaca-se na citada figura a indicação da área de afloramento na UGRHI 13.



**Figura 1** - Localização da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs).

O SAG ocorre aflorante e confinado na UGRHI 13. A área de afloramento do SAG na Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré é de 3.682,55 km<sup>2</sup> ou 31,20% da área total da UGRHI 13. Em relação à área total de afloramento no Estado de São Paulo corresponde à 15,67 % (IPT, 2009), denotando significativa expressão territorial proporcional, pois o SAG aflora apenas em sete das suas vinte e duas UGRHIs.

A UGRHI 13 ao possuir tamanha área (proporcional) de afloramento do SAG no seu território passa a deter responsabilidade muito grande para a implementação de ações de gestão para a proteção e conservação do SAG na sua estratégica área de realimentação.

A área de estudo compreende a zona de recarga do SAG, manancial de importância estratégica tanto para a Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré, como para demais regiões que ele ocorre no Brasil.

Possui 100 poços tubulares, sendo que 58 poços captam água da porção livre, com uma vazão média de 75,7 m<sup>3</sup>/h e 42 poços captam água da porção confinada do SAG, com uma vazão média de 153,9 m<sup>3</sup>/h (IPT, 2000).

Esses números são desatualizados, pois se referem a período de 10 anos atrás; e mesmo nessa época, já não refletia a realidade, pois são dados relativos apenas aos cadastros existentes em órgãos públicos e empresas de água e esgoto, não tendo sido executado à época o inventário de campo.

Ao mesmo tempo, de acordo com OEA (2009) "...a reserva reguladora do SAG foi estimada na simulação numérica por meio de avaliação rápida dos levantamentos pluviométricos e fluviométricos efetuados no âmbito do projeto...".

O mesmo estudo cita que "...apesar dos resultados alcançados e do avanço do conhecimento sobre o aquífero e sobre seu funcionamento, diversas dúvidas permanecem..." e as "...taxas de recarga do SAG são pequenas...".

Esses aspectos denotam a importância de se realizar estudos que possibilitem conhecer hidraulicamente e potenciometricamente a área de recarga do SAG na Bacia do Tietê/Jacaré, suas interações com os corpos d'água superficiais, possibilitando desenvolver métodos que permitam quantificar os volumes de água que retornam à superfície na sua área de ocorrência e, sobretudo, a quantidade de água que percola para as porções mais profundas, confinadas. Isso possibilita, também, a identificação de problemas de balanços usos versus demandas hidrogeológicas ali ocorrentes, para que se possa estabelecer diretrizes e ações para melhoria e correções das situações encontradas.

O estudo, em fase de andamento, servirá de modelo para posterior aplicação em todas as UGRHIs onde aflora o SAG, possibilitando o conhecimento da recarga efetiva do mesmo, em nível do Estado de São Paulo e, também, contribuir para as pesquisas em toda sua área de ocorrência no Brasil (oito estados).

Os benefícios diretos para UGRHI 13 decorrentes do estudo serão os seguintes:

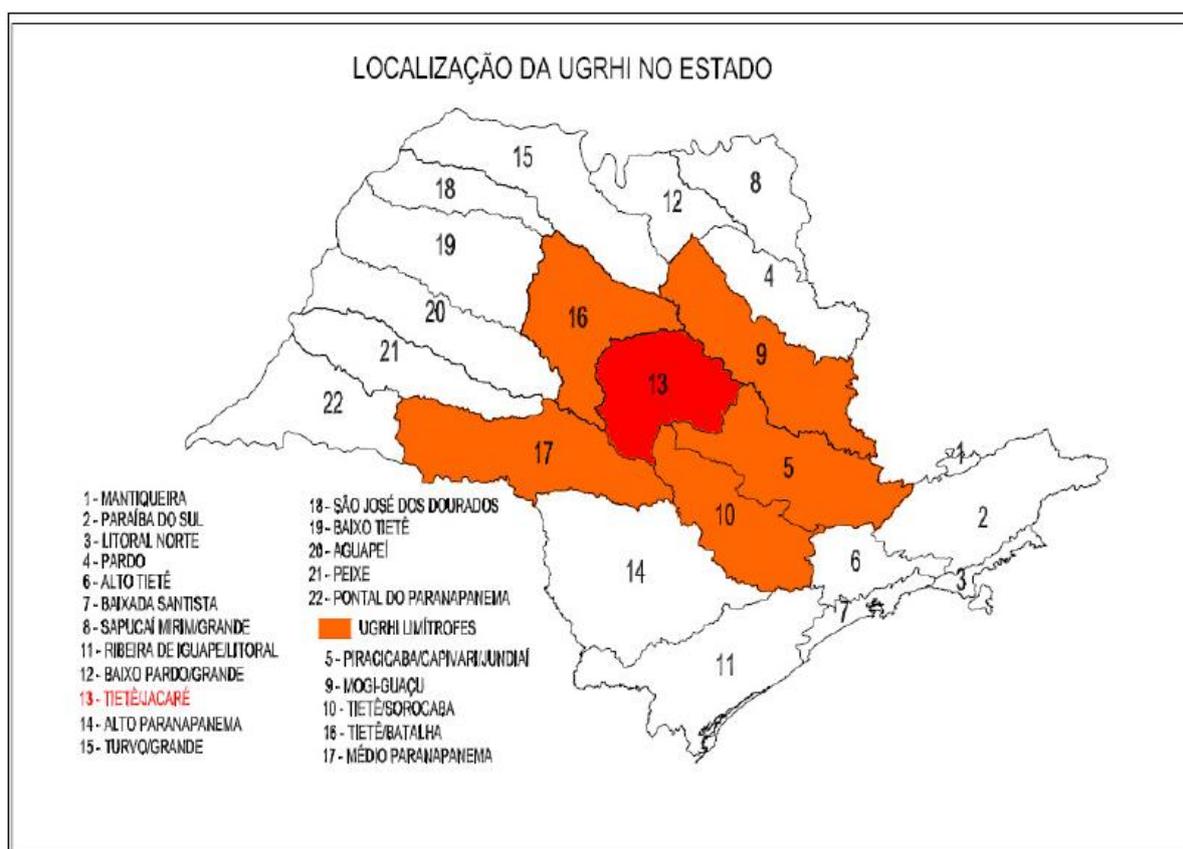
- Conhecimento do padrão de circulação das águas subterrâneas na área de afloramento do SAG;
- Conhecimento da utilização atual e disponibilidades hídricas subterrâneas na área de estudo;
- Conhecimento das inter-relações entre níveis d'água subterrânea mais rasos e profundos, parâmetros hidráulicos dos meios transmissores, etc, proporcionando elementos para o gerenciamento do uso atual da água na UGRHI. São conhecidos pelo menos 100 poços tubulares que se utilizam do aquífero, de acordo com informações do IPT (2000), sendo parte deles utilizada para abastecimento público; e

- Obtenção de informações e dados sistematizados sobre os vários aspectos (geológicos, hidrogeológicos, etc) do SAG, que são necessários para a proteção e uso sustentável do aquífero, tanto na UGRHI 13 (onde aflora) como para UGRHIs adjacentes (onde está confinado), que recebem recargas exclusivas da UGRHI 13.

## 2 - ÁREA DE ESTUDO

A área de recarga do SAG existente na Bacia Hidrográfica do Tietê/ Jacaré (UGRHI 13), ocorre nas sub-bacias do Rio Tietê/Rio Claro, Baixo, Médio e Alto Jacaré-Guaçu, Baixo-Médio Jacaré-Pepira e Alto Jacaré-Pepira. As sub-bacias de estudo são dominadas pelo cultivo da cana-de-açúcar e por campos e pastos.

A **Figura 2** mostra a localização da UGRHI 13 em relação ao Estado.

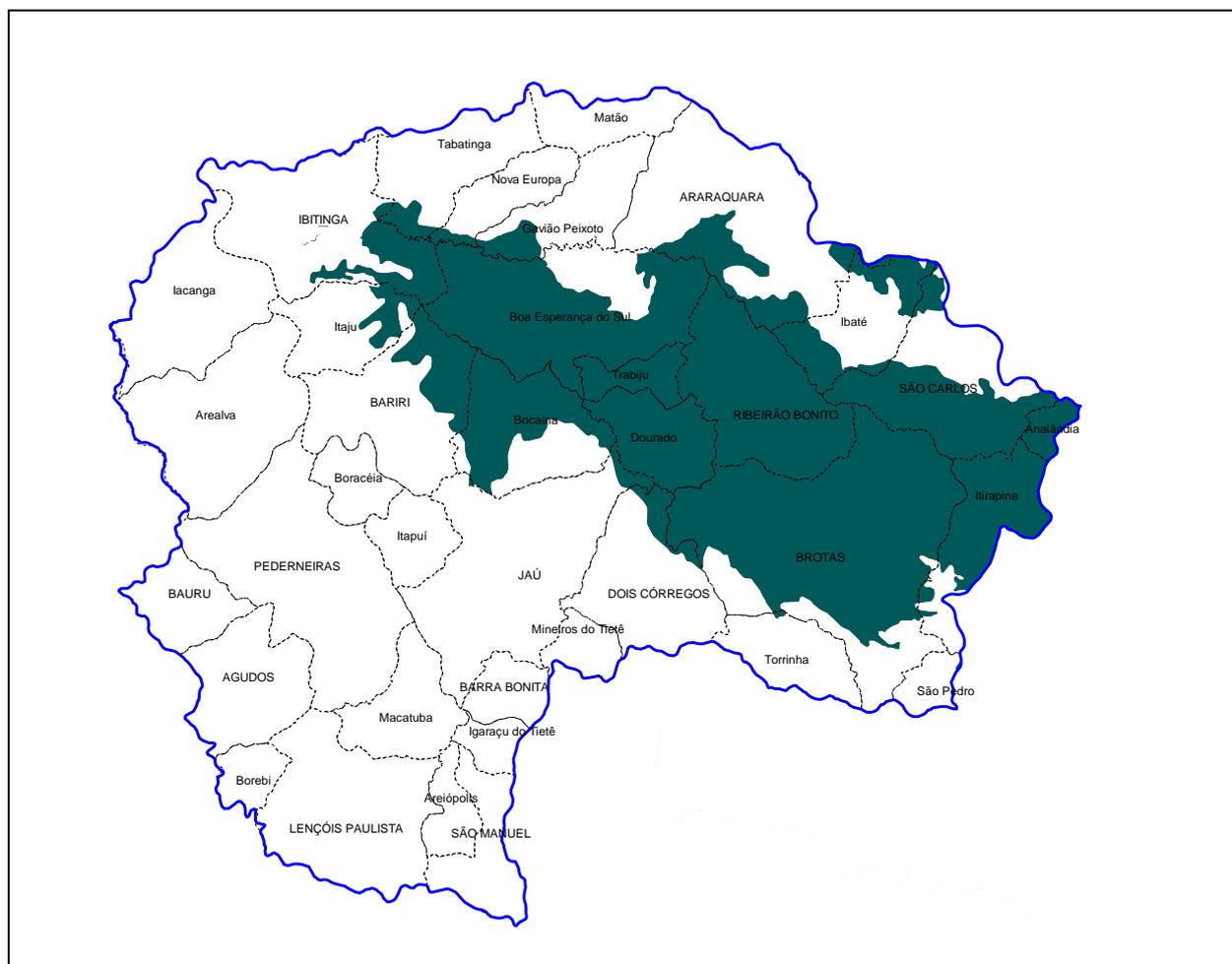


Fonte: IPT, 2000

**Figura 2-** Localização das Bacias Hidrográficas dos Tietê/Jacaré entre as 22 UGRHIs do Estado.

Os municípios que possuem território na área de recarga do SAG na área de estudo são: Analândia, Araraquara, Bariri, Boa Esperança do Sul, Bocaina, Brotas, Dois Córregos, Dourado,

Gavião Peixoto, Ibaté, Ibitinga, Itaju, Itirapina, Jaú, Nova Europa, Ribeirão Bonito, São Carlos, Tabatinga e Trabiju (**Figura 3**).



Fonte: IPT, 2009

**Figura 3** - Localização da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na UGRHI 13.

### 3 - OBJETIVO

Busca-se com o projeto a caracterização hidrogeológica do SAG, em relação ao comportamento potenciométrico e hidráulico na sua área de ocorrência na UGRHI 13, nas áreas de afloramento/recarga, com o fim de entender as inter-relações entre as suas porções rasas e profundas para efeito de quantificação hídrica efetiva dos fluxos que rumam para a rede de drenagem superficial local e o que efetivamente flui para as porções confinadas.

Os objetivos específicos do estudo são os seguintes:

- Caracterizar o padrão de piezometria/cargas hidráulicas do SAG na área de estudo;
- Estudar os fluxos subterrâneos que drenam para os cursos d'água superficiais locais;

- Quantificar volumes de água subterrânea do SAG que são utilizados na UGRHI 13 para os diversos fins; e
- Determinar os volumes de água que escoam para as porções confinadas do SAG.

#### **4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para o atendimento dos objetivos estabelecidos, prevê-se a execução das atividades apresentadas a seguir, adotando-se o respectivo método de trabalho necessário para a sua execução, também descrito em cada um dos itens que se seguem.

##### **4.1 – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E LEVANTAMENTO DE DADOS ACERCA DAS INFORMAÇÕES E ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS, GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS**

A pesquisa pretende efetuar amplo levantamento de publicações acerca do tema e, também, buscarão obter dados hidrogeológicos, geofísicos e geológicos em todas as entidades, públicas e privadas, que têm atuado em serviços e pesquisas no campo das águas subterrâneas, notadamente no SAG. Será buscada, também, a identificação e revisão de métodos de balanço hídrico e de cálculo de recargas de aquíferos que possam ser aprimorados, adaptados e aplicados para o caso da área de recarga do SAG.

A pesquisa bibliográfica já foi parcialmente realizada e os resultados obtidos estão descritos no item 5.1, a seguir.

##### **4.2 – PREPARAÇÃO DE BASE PLANIALTIMÉTRICA DIGITAL DA ÁREA NA ESCALA 1:100.000**

Será elaborada Base Planialtimétrica na escala 1:100.000, a partir 1:50.000 produzida pelo Projeto GISAT (DAEE), o qual teve dentre seus objetivos a digitalização chancelada dos mapas topográficos pelo IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

##### **4.3 – LEVANTAMENTO DE BANCOS DE DADOS DE CADASTROS DE POÇOS PROFUNDOS E RASOS**

Será efetuado levantamento de poços já cadastrados, na área de ocorrência do SAG, considerando-se o mesmo grupo de entidades públicas e privadas citadas nos itens anteriores.

#### **4.4 – ELABORAÇÃO DE MAPA DE POÇOS RASOS E PROFUNDOS JÁ EXISTENTES**

Serão elaborados Mapas de Poços Levantados/Obtidos, na escala 1:100.000 (ou menor, dependendo da disponibilidade de dados), com apoio de ferramentas computacionais (Mapinfo, Surfer, etc).

#### **4.5 – LEVANTAMENTO DE DADOS ACERCA DE ENSAIOS DE BOMBEAMENTO JÁ EFETUADOS NA ÁREA**

Serão pesquisados dados de ensaios de bombeamento de longa duração para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero (coeficiente de transmissividade, coeficiente de armazenamento e condutividade hidráulica).

#### **4.6 – ELABORAÇÃO DE MAPAS DE PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEA E MAPAS POTENCIOMÉTRICOS COM POÇOS RASOS E COM POÇOS PROFUNDOS**

Serão elaborados Mapas de Profundidade do nível d'água subterrânea e potenciométricos na escala 1:100.000 (ou menor, dependendo da disponibilidade de dados), utilizando-se apoio de ferramentas de geoprocessamento (Mapinfo, Arcgis, etc).

#### **4.7 – DETERMINAÇÃO DE ZONEAMENTOS, PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS, FLUXOS, INTERCONEXÕES E BALANÇOS HÍDRICOS.**

A determinação de parâmetros, fluxos, interconexões e balanços hídricos será efetuada utilizando-se técnicas e metodologias comumente citadas nas pesquisas hidrogeológicas com apoio de ferramentas computacionais (Surfer, Aquifer Test, Modflow, ArcGis, Mapinfo, dentre outros que venham a ser identificados).

#### **4.8 – ELABORAÇÃO DE SEÇÕES HIDROGEOLÓGICAS REPRESENTATIVAS**

Serão elaborados seções hidrogeológicas para apoiar as interpretações necessárias ao entendimento da ocorrência espacial dos estratos geológicos/hidrogeológicos, suas interconexões hidráulicas, modelação conceitual da circulação das águas, dentre outras necessárias para os objetivos do estudo.

#### **4.9 – ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO FINAL, INTEGRANDO TODOS OS RESULTADOS OBTIDOS, APRESENTANDO CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O relatório apresentará todos os dados e informações obtidos na pesquisa, assim com as interpretações e produtos decorrentes.

O relatório apresentará, também, subsídios e diretrizes para uso sustentável e conservação do SAG.

#### **5 - RESULTADOS PRELIMINARES**

O projeto teve como atividade principal, até o momento, a pesquisa bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica é de fundamental importância para o desenvolvimento de pesquisas, pois a mesma fornece a base para se desenvolver os estudos necessários. Dessa forma esta pesquisa bibliográfica visou buscar e localizar artigos, livros e outros materiais de fontes científicas confiáveis com a finalidade de ampliar o conhecimento da área de estudo e criar um banco de dados, para dar suporte à pesquisa, para que a mesma apresente resultados representativos.

Inicialmente realizou-se a pesquisa de dissertações, teses e trabalhos de conclusão de curso da Universidade de São Paulo (USP), já que a mesma apresenta campus nas proximidades da área do afloramento do SAG na UGRHI-13. Nessa busca utilizou-se o sistema de banco de dados bibliográficos da USP, denominado de DEDALUS. Este sistema possibilitou a localização de trabalhos em suas respectivas bibliotecas e, quando disponível, em seu formato digital na própria página de internet do sistema.

O sistema da DEDALUS se encontra no site da SIBi/USP, e visa promover o acesso e incentivar o uso de informação em todas as áreas do conhecimento, com a intenção de compartilhar com todos a informação e os dados de pesquisas realizadas dentro da universidade. Possibilitando acesso às publicações e auxiliando vários estudos dentro e fora da universidade.

A pesquisa bibliográfica também foi realizada em através de acesso a internet buscando-se instituições de renome como a UNEP (United Nations Environment Programme) e a UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), que apresentam pesquisas e dados de elevada confiabilidade.

A UNESCO assim como a UNEP são instituições internacionais que fomentam estudos e pesquisas em áreas variadas com a intenção de promover melhoria na qualidade de vida das populações.

A pesquisa de periódicos, em etapa inicial, foi efetuada no portal CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), onde é possível encontrar artigos de livre acesso sobre o tema proposto.

CAPES é um portal que possibilita o acesso a produções científicas mundiais e atualizadas. Nessa *homepage* do governo federal é possível localizar textos e artigos completos, nacionais e estrangeiros, assim como pode-se pesquisar fontes de informação acadêmica com acesso gratuito. O portal apresenta, também, acesso a outros portais que apresentam títulos de periódicos diversos. No próprio CAPES o usuário pode escolher como deseja que a busca seja realizada, podendo ser por temas, títulos, ano de publicação entre outras formas disponibilizadas em seu sistema.

Durante as buscas no portal CAPES foram encontradas páginas de acesso restrito aos artigos completos. Dessa forma realizou-se pesquisas no sistema das bibliotecas da USP, o SIBi/USP, e da UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”), o Catálogo Athena, visto que ambas apresentam assinaturas de periódicos que abordam o tema proposto neste trabalho.

O Catálogo Athena, disponível na internet, possibilita localizar livros, periódicos, mapas e qualquer outro material para consulta em todas as unidades da UNESP.

As publicações da IAH (*International Association of Hydrogeologists*) também foram analisadas na tentativa de se encontrar referências de interesse ao tema de estudo.

A IAH é uma organização científica e educacional que visa promover e incentivar a pesquisa para proteção e gerenciamento da água subterrânea para o bem comum. Suas publicações se estendem de livros a artigos científicos, que abordam temas relacionados a hidrogeologia.

A partir dessas ferramentas tornou-se viável adquirir e encontrar publicações diversas que vão compor a bases de dados do estudo sobre a recarga do Aquífero Guarani em sua zona de afloramento na região da UGRHI-13.

O material bibliográfico obtido com a pesquisa abrange estudos específicos da UGRHI-13 além de estudos realizados em outras localidades que tratam do tema recarga de aquíferos. Com essa pesquisa obteve-se vinte e nove publicações que são descritas a seguir.

1. ARANTES, E.J.,2003. Emprego de Infiltrômetros na Caracterização da Interação Rio Aquífero. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
2. BARRETO, C.E.A.G.,2006. Balanço Hídrico em zona de afloramento do SAG a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
3. CONTIN NETO, D.,1987.Balanço hídrico em bacia hidrográfica situada em região de recarga do Aquífero Botucatu. Tese de Doutorado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.

4. CORRÊA, U.M.P.,1995. Estudo das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS. 2v., 107p.
5. DE VRIES, J. J. SIMMERS, I.,2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*, v.10, p.5-17.
6. GILBOA,Y.; MERO,F.; MARIANO,I.B., 1976. The Botucatu Aquifer of South America. Model of an untapped continental aquifer. *Journal of Hydrology*, New York: v.29,p.165-179.
7. HEALY, R.W.; COOK, P.G.,2002. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, v.10, p. 91-109.
8. KINZEBACH,W. (Org)., 2002. A survey of methods for groundwater recharge in arid and semi-arid regions. Early Warning and Assessment Report Series, UNEP/DEWA/RS.02/2. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenia.
9. LERNER, D.N.; ISSAR, A.S. e SIMMERS, I (1990). Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. *International Contributions to Hydrogeology*, vol.8. International Association, Verlag Heinz Heise.
10. LERNER,D.N.,2003. Surface water- groundwater interactions in the context of groundwater resources. In: XU,Y.; BEEKMAN,H.E.(ORG).,2003. Groundwater recharge estimation in South Africa. UNESCO IHP. Serien.64, UNESCO, Paris.
11. MAZIERO,T.A., 2005. Monitoramento de águas subterrâneas em área urbana: aspectos quantitativos. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
12. MATOS, I. S.,1987. Aplicação de um modelo de balanço hídrico na bacia do Rio Jacaré-Guaçu. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
13. MOON,S.; WOO,N. C.; LEE,K.S., 2004. Statistical analysis of hydrographs and water-table fluctuation to estimate groundwater recharge. *Journal of Hydrology*, v.292, p.198-209.
14. NOVELLI, A. S., 1996. Diagnóstico de recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
15. POMPÊO, C. A., 1990, Balanço Hídrico da zona não-saturada do solo na bacia do Ribeirão do Onça (SP). Tese Doutorado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS.
16. QUEIROZ, O. M.,1991. Propagação das cheias: aplicação do modelo de onda cinemática ao Ribeirão da Onça-SP. Dissertação de Mestrado. São Carlos, ESSSC-USP-SHS
17. RAI, S.N.; MANGLIK,A.;SINGH,R.N.,1994. Water table fluctuation in response to transient recharge form rectangular basin. *Water Resources Management*, v.8, p. 1-10.
18. REBOUÇAS, A. C.; AMORE, L., 2002. O Sistema Aquífero Guarani. *Revista Brasileira de Águas Subterrâneas*. V. 16, p.135-143.

19. RENNOLS, K.; CARNELL, R.; TEE, V., 1980. A descriptive model of the relationship between rainfall and soil water table. *Journal of Hydrology*, New York: v.47, p. 103-114.
20. RUSHTON, K. R.; TOMLINSON, L. M., 1979. Possible mechanisms for leakage between aquifers and rivers. *Journal of Hydrology*, v. 40, p. 49-65.
21. SANFORD, W., 2002. Recharge and groundwater: an overview. *Hydrogeology Journal*, v.10, p. 110-120.
22. SCANLON, B.R.; HEALY, R.W.; COOK, P.G.2002., Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, v.10, p.18-39.
23. SCHITCHT, R.J.; WALTON, W.C.,1961. Hydrologic budgets for three small watersheds in Illinois.III *State Water Surv. Rep.Invest.*, 40:40.
24. SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C., 2001. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing eucalyptus plantation in Brazil. *Journal of Hydrology*, New York: v.253, p.130-147.
25. SOPHOCLEOUS, M., 2002. Interaction between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, v.10, p.52-67.
26. VISWANATHAN, M. N., 1983. The rainfall/water-table level relationship of an unconfined aquifer. *Ground Water*. V. 21, n° 1, p.49-56.
27. WOESSNER, W.W., 2000. Stream and fluvial plain ground water interaction: rescaling hydro geologic thought. *Ground Water*, v.38, p.423-429.
28. XU, Y.; BEEKMAN, H.E., 2003. Groundwater recharge estimation in Southern Africa. UNESCO IHP Series n°64, UNESCO, Paris.
29. RABELO, J.L.; 2006. Estudo da Recarga do Aquífero Guarani no Sistema Jacaré-Tietê;. Tese de Doutorado São Carlos, ESSSC-USP-SHS.

## **6- AGRADECIMENTOS**

Julga-se oportuno agradecer o apoio ao primeiro autor proporcionado pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico por intermédio da concessão de Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora – DT (Processo No. 311987/2009-5). Agradece-se, também, ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) que apóia por meio do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré a pesquisa de estudo da recarga subterrânea na área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) na UGRHI-13 e ao IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que está possibilitando a realização do projeto de pesquisa.

## **7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA, 2009. Síntese Hidrogeológica do Sistema Aquífero Guarani. Série “Manuais e Documentos Técnicos do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani”. Relatório 5. 90 páginas.

IG-SMA, DAEE, CETESB. 1997. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo:. 2 vol.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 2009. Diagnóstico Ambiental para subsidio ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. Primeiro Relatório de Andamento.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 2000. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Convênio IPT/DAEE. São Paulo. (IPT. Relatório 40674).

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.