

VARIAÇÃO PIEZOMÉTRICA SAZONAL NOS AQUIFEROS BAURU E GUARANI NO ESTADO DE SÃO PAULO

Lobo, G.A.^{1} & Campos, José Eduardo² & Santos, Juliene R.³ & Mendes, João Batista⁴*

Resumo – O Estado de São Paulo iniciou em 2007 a implantação de sua Rede Piezométrica Básica Integrada, de forma a conseguir informações quantitativas e qualitativas das suas águas subterrâneas para planejamento e gestão de seus recursos hídricos. A atividade está sendo desenvolvida de forma integrada de águas subterrâneas e superficiais em nível estadual e federal por DAEE, CETESB, ANA e CPRM. São mostrados dados obtidos com leituras diárias em poços piezométricos selecionados nos dois principais sistemas aquíferos do estado, Bauru e Guarani, discutindo-se a variação sazonal e a amplitude anual.

Palavras-Chave – piezometria, águas subterrâneas, aquíferos.

SEASONAL GROUNDWATER TABLE VARIABILITY IN THE BAURU AND GUARANI AQUIFERS IN THE SAO PAULO STATE

Abstract – The State of Sao Paulo has built a Basic Piezometric Integrated Network since 2007, with the purpose to achieve quantitative and qualitative groundwater information for planning and management of water resources. The activities have been consolidated as a partnership of DAEE, CETESB, ANA and CPRM entities. This paper shows measurement of daily groundwater table in selected piezometric stations of two major sedimentary aquifers (Bauru and Guarani), and discusses the seasonal variability and annual amplitude.

Keywords – piezometric, groundwater, aquifers.

INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo é o que mais utiliza as águas subterrâneas no Brasil, atendendo cerca de 70% dos seus núcleos urbanos e 90% de suas indústrias, chegando estas a serem, em cerca de metade dos municípios estaduais, a única fonte de abastecimento de água. Não existem dados de monitoramento de longo período, ao contrário do que ocorre com as águas superficiais.

O DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica, órgão gestor dos recursos hídricos do estado de São Paulo, iniciou em 2007 os trabalhos para implantação da rede quantitativa de águas subterrâneas, tendo por finalidade fornecer dados básicos ao planejamento e gerenciamento integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos estaduais. No Estado de São Paulo, as atividades referentes à quantidade cabem ao DAEE e as de qualidade, à CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). A CETESB já possui uma rede qualitativa em plena operação, iniciada em 1990.

O trabalho "Proposta de Programa Piloto de Piezometria" (DAEE, 1990a), descreveu os vários objetivos que podem ser alcançados pela Rede Piezométrica:

¹ engenheiro, DAEE / CTH Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, e-mail gre.lobo@daee.sp.gov.br.*

² geólogo, DAEE / DRH Diretoria de Recursos Hídricos, e-mail josecampos.daee@hotmail.com

³ estagiária, DAEE / CTH, e-mail juliene.rsantos@gmail.com

⁴ tecnólogo, DAEE / CTH, e-mail joaocth@gmail.com

- **interação da pluviometria com as variações do nível da água dos aquíferos;**
- **interação entre o escoamento superficial e o subterrâneo;**
- **situação do armazenamento subterrâneo** (detecção de eventuais abaixamentos do nível d'água);
- **resposta dos aquíferos às extrações;**
- **Determinação das características hidráulicas dos aquíferos;**
- **Determinação do grau de confinamento do aquífero;**
- **Determinação da extensão territorial dos aquíferos** e natureza hidrológica dos seus limites.

A Rede Piezométrica quantitativa do DAEE, hoje com mais de 40 poços (Tabela 1), teve seu início de implantação em 2007 por meio de sua diretoria CTH (Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos), com apoio técnico de todas as outras diretorias do DAEE, utilizando recursos a fundo perdido do FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos) e de alguns projetos de pesquisa (FAPESP, convênio DAEE/IPT, etc.).

Através de parcerias com outras entidades está sendo realizado o monitoramento integrado. A CETESB faz semestralmente as amostragens de qualidade, considerando que esses poços rasos fornecem informações para subsidiar as ações de controle de poluição (SMA, 2007).

A CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), do governo federal, é o órgão responsável pelo monitoramento de águas subterrâneas em nível federal. Utilizando recursos do PAC, iniciou, com a seleção dos poços feita de forma integrada com DAEE e CETESB, a perfuração e monitoramento de 14 (catorze) poços (Tabela 2), que também serão usados para monitoramento quali-quantitativo em São Paulo (outros pontos estão sendo implantados em outros estados). O CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Resolução n^o 107, de 13 de abril de 2010), determinou que a Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas deve “*ser planejada e coordenada pela Agência Nacional de Águas – ANA e implantada, operada e mantida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, ambas as instituições em articulação com os órgãos e entidades gestores de recursos hídricos dos estados e do Distrito Federal*”.

Assim, os poços em conjunto compõem uma rede estadual mais abrangente, hoje com cerca de 60 poços, utilizada de forma integrada. A meta é atingir 200 poços. Essa colaboração para a rede nacional é de grande importância estratégica. O DAEE, a CETESB e a CPRM planejaram suas redes no estado de SP de forma a monitorar inicialmente as duas regiões de maior uso de água subterrânea no estado: as regiões dos Aquíferos Bauru e Guarani.

DESCRIÇÃO DA REDE PIEZOMÉTRICA DO DAEE

A Rede Hidrológica Básica do DAEE/CTH tem por objetivo monitorar a parte quantitativa da ocorrência da água no estado de São Paulo, ou seja, é seu objetivo quantificar a disponibilidade espacial e temporal da água no estado.

Esta Rede, iniciada na década de 1880, dispõe atualmente de cerca de 800 postos hidrométricos em operação, monitorando chuvas, vazões de rios e piezometria. Seus dados hidrológicos (Fig. 1) são disponibilizados em www.dae.sp.gov.br/hidrologia, podendo ser solicitados também pelo e-mail hidrologia@dae.sp.gov.br .



Figura 1 – Site do DAEE de dados e estudos hidrológicos

A Rede Piezométrica conta atualmente com os poços listados na Tabela 1 e com distribuição espacial que pode ser visualizada na Figura 3.

Tabela 1 – Rede Piezométrica Básica do DAEE (SP)

n°	Aquífero	Localização (Município)	Prefixo DAEE	Início	UTM (m)		Medição de nível
					Latitude	Longitude	
1	Guarani	Descalvado	4C-500Z	2009	7575185	232592	Diária
2	Guarani	Sta Rita Passa Quatro (PDG1)	4C-501Z	2006	7604356	229254	Quinzenal
3	Guarani	Sta Rita Passa Quatro (PDG2)	4C-502Z	2006	7606828	226621	Quinzenal
4	Guarani	Sta Rita Passa Quatro (PDG3)	4C-503Z	2006	7608024	227725	Quinzenal
5	Guarani	Sta Rita Passa Quatro (CP1)	4C-504Z	2006	7610642	233276	Quinzenal
6	Guarani	Sta Rita Passa Quatro (CP2)	4C-505Z	2006	7611510	231974	Quinzenal
7	Guarani	Analândia	4D-500Z	2009	7550006	222585	Diária
8	Bauru	Faz NS Aparecida Barretos	5B-500Z	2007	7720635	743937	Diária
9	Bauru	Chácara do Brejo Barretos	5B-501Z	2009	7722845	744396	Diária
10	Bauru	Vista Alegre do Alto	5C-500Z	2009	7658669	746210	Diária
11	Guarani	Araraquara - Urbano S.	5C-501Z	1977	7585402	786897	Mensal
12	Guarani	Araraquara - Urbano Paiva	5C-502Z	1978	758452	793060	Mensal
13	Guarani	Araraquara - Urbano Penit.	5C-503Z	1990	7590483	796280	Mensal
14	Guarani	Araraquara - Urbano	5C-504Z	1992	7588158	794722	Mensal
15	Guarani	Santa Maria da Serra	5D-500Z	2009	7504634	789690	Diária
16	Guarani	Ribeirão Bonito	5D-501Z	2009	7560041	781799	Diária
17	Guarani	Bofete	5E-500Z	2009	7446554	788487	Diária
18	Bauru	Mirassolandia	6B-500Z	2009	7719994	658979	Diária
19	Bauru	Orindiuva	6B-501Z	2009	7767830	670590	Diária
20	Bauru	Onda Verde	6B-502Z	2009	7725585	690790	Diária
21	Bauru	Guaimbê	6C-500Z	2009	759030	622150	Diária
22	Bauru	São Pedro do Turvo	6D-500Z	2009	7502113	621645	Diária
23	Bauru	Gália	6D-501Z	2009	7532529	651381	Diária
24	Bauru	Guarani d'Oeste	7B-500Z	2009	7779479	569256	Diária
25	Bauru	Guzolândia	7B-501Z	2009	771060	530300	Diária

26	Bauru	Bilac	7C-500Z	2009	763487	556900	Diária
27	Bauru	Luiziânia	7C-501Z	2009	760045	572900	Diária
28	Bauru	Marília	7D-500Z	2009	7531090	599545	Diária
29	Bauru	Muritinga do Sul	8C-500Z	2009	766820	465700	Diária
30	Bauru	Adamantina	8C-501Z	2009	762816	498980	Diária
31	Bauru	Sítio NS Aparecida Indiana	*	2009	7545437	478329	Diária
32	Baurú	Sede Vêncio Assis	*	2011	7297745	224200	Semanal
33	Bauru	Presidente Prudente - SP425	*	2009	7545310	455530	Diária
34	Bauru	DAEE Marília urbano	*	2009	7539581	610809	Automática
35	Bauru	Jd Marajó Marília urbano	*	2013	7540186	611401	Automática
36	Bauru	Candido Mota	*	2013	7476425	557578	Automática
37	Bauru	Sítio Menina Izildinha	*	2013	7598243	725286	Automática
38	Bauru	Faz. Sapecado Avaí	*	2013	7558808	678731	Automática
39	Bauru	Est. Pontal Boa Vista	*	2013	7572560	682611	Automática
40	Bauru	Pontalinda	*	2013	7739719	548737	Automática
41	Baurú	Faz. S. Francisco Magda	*	2013	7725945	581155	Automática
42	Baurú	Est. Francielli II Votuporanga	*	2013	7731924	601430	Automática

* Nota: as informações cadastrais básicas destes piezômetros ainda estão sendo compiladas

Tabela 2 - Rede Piezométrica da CPRM no estado de SP

n°	Aquífero	Município	Prefixo CPRM	Latitude S	Longitude W
1	Guarani	Bofete	MNT/SP/BF01	-23,079390	-48,253830
2	Guarani	Brotas	MNT/SP/BT01	-22,309300	-48,106820
3	Guarani	Boa Esperança do Sul	MNT/SP/BE01	-21,970200	-48,391530
4	Guarani	São Simão	MNT/SP/SS01	-21,452540	-47,589370
5	Bauru	Pindorama	MNT/SP/PD01	-21,218888	-48,897778
6	Bauru	Monte Aprazível	MNT/SP/MA01	-20,779633	-49,731833
7	Bauru	Penápolis	MNT/SP/PN01	-21,425194	-50,016250
8	Bauru	Valparaíso	MNT/SP/VP01	-21,319000	-50,932000
9	Bauru	Andradina	MNT/SP/AN01	-20,844000	-51,359000
10	Bauru	Assis	MNT/SP/AS01	-22,606066	-50,377294
11	Bauru	Bastos	MNT/SP/BS01	-21,951420	-50,678360
12	Bauru	Teodoro Sampaio	MNT/SP/TS01	-22,311288	-52,245184
13	Bauru	Narandiba	MNT/SP/NB01	-22,415885	-51,526768
14	Bauru	Flora Rica	MNT/SP/FR01	-21,675009	-51,384374

A Figura 2 mostra um dos poços piezométricos instalados pelo DAEE.



Figura 2 – Poço piezométrico e pluviômetro

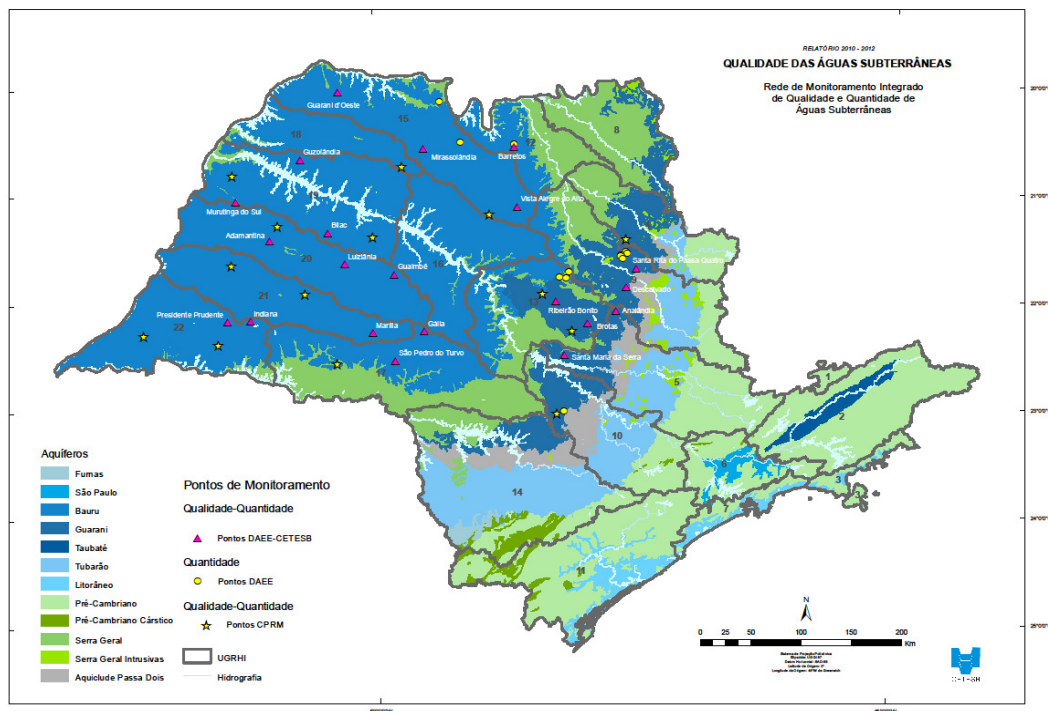


Figura 3 – Distribuição dos postos da Rede Piezométrica Integrada no estado de SP

AMPLITUDES DE NÍVEL D'ÁGUA OBSERVADAS

Um exemplo dos estudos que podem ser desenvolvidos é a análise da interação da pluviometria com o nível d'água nos aquíferos. A Figura 4 mostra a variação do nível do lençol freático em função das precipitações mensais observadas desde o início de operação, em 2007, de um posto piezométrico instalado em Barretos (SP), em região do Aquífero Sedimentar Bauru. A Figura 5 mostra as variações observadas em outros quatro poços situados em aquíferos diferentes.

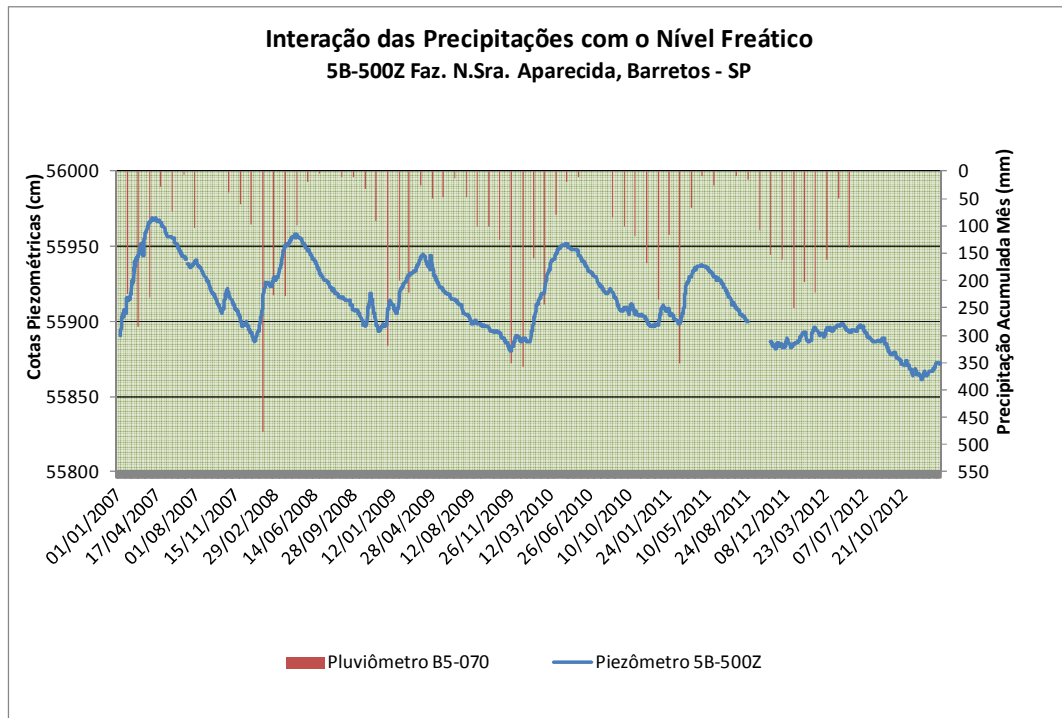


Figura 4 – Variação do lençol freático (Barretos) em função das precipitações

As ordenadas à direita mostram as chuvas mensais, em mm, e as ordenadas à esquerda mostram a variação das cotas, em cm, da superfície da água subterrânea (valores em altitudes em relação ao NMM - Nível Médio do Mar). Neste poço piezométrico o NE (nível estático) fica cerca de 7m abaixo do nível do terreno. A variação anual do nível neste piezômetro é de cerca de 1m.

Pode-se também ver claramente na Figura 4 o tempo de resposta do nível da água subterrânea às precipitações e à falta delas (em São Paulo, o período chuvoso, com maiores temperaturas, inicia-se em outubro e termina em março).

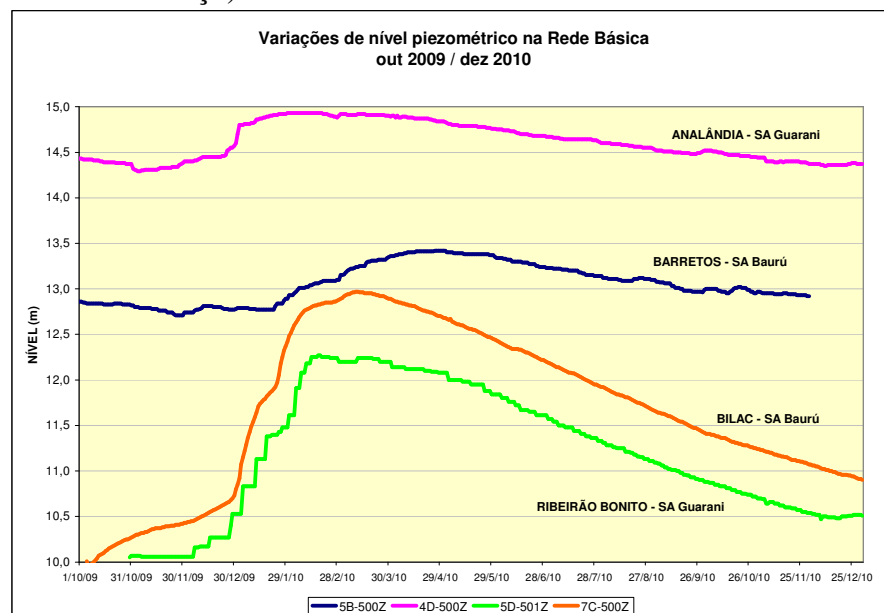


Figura 5 – Variação dos níveis nos poços em um ciclo hidrológico

Os valores abaixo ilustram os resultados obtidos com uma quantidade maior de piezômetros, analisando-se a amplitudes dos níveis d'água anuais neles observados (Figura 6).

De um modo geral (Tabela 3 e Figura 6), os piezômetros apresentaram no período 2009-2011 variações anuais desde menos de 1 (um) metro até mais de 4 (quatro) metros. Análises mais aprofundadas a serem feitas, no entanto, deverão levar em consideração localização e características construtivas dos piezômetros, assim como aspectos geológicos, geomorfológicos, uso e ocupação do solo, clima, insolação e evapotranspiração, entre outros elementos que interferem na infiltração, escoamento e recarga dos aquíferos, dados que ainda estão sendo levantados.

Tabela 3 - Variação anual de níveis na Rede Piezométrica do DAEE

Aquífero	Município	Prefixo DAEE	variação de nível (m)	
			2009-2010	2010-2011
Guarani	Ribeirão Bonito	5D-501Z	2,2	1,9
Guarani	Santa Maria da Serra	5D-500Z	2,0	2,1
Guarani	Descalvado	4C-500Z	2,0	2,6
Guarani	Analândia	4D-500Z	0,7	0,7
Guarani	Bofete	5E-500Z	1,6	1,2
Bauru	São Pedro do Turvo	6D-500Z	2,4	1,0
Bauru	Gália	6D-501Z	1,6	1,3
Bauru	Marília	7D-500Z	1,5	0,7
Bauru	Guzolândia	7B-501Z	2,6	2,2
Bauru	Murutinga do Sul	8C-500Z	2,1	1,3
Bauru	Bilac	7C-500Z	3,4	1,3
Bauru	Adamantina	8C-501Z	3,9	2,2
Bauru	Barretos	5B-501Z	1,1	0,8
Bauru	Vista Alegre do Alto	5C-500Z	2,2	1,5
Bauru	Mirassolândia	6B-500Z	1,4	1,7
Bauru	Guarani d'Oeste	7B-500Z	0,7	2,0
Bauru	Orindiuva	6B-501Z	1,5	4,8

Adotou-se o ano hidrológico como referência, iniciando-se em outubro. Pode-se ver que as mínimas variações de nível nesses dois anos hidrológicos estão na faixa de 0,7 m e as máximas chegaram a atingir 4,8 m, com as máximas normais por volta de 2,6 m (em negrito na Tabela 3). Não há também, diferenças significativas entre os valores medidos nos Aquíferos Bauru e Guarani (Figuras 4 a 6).

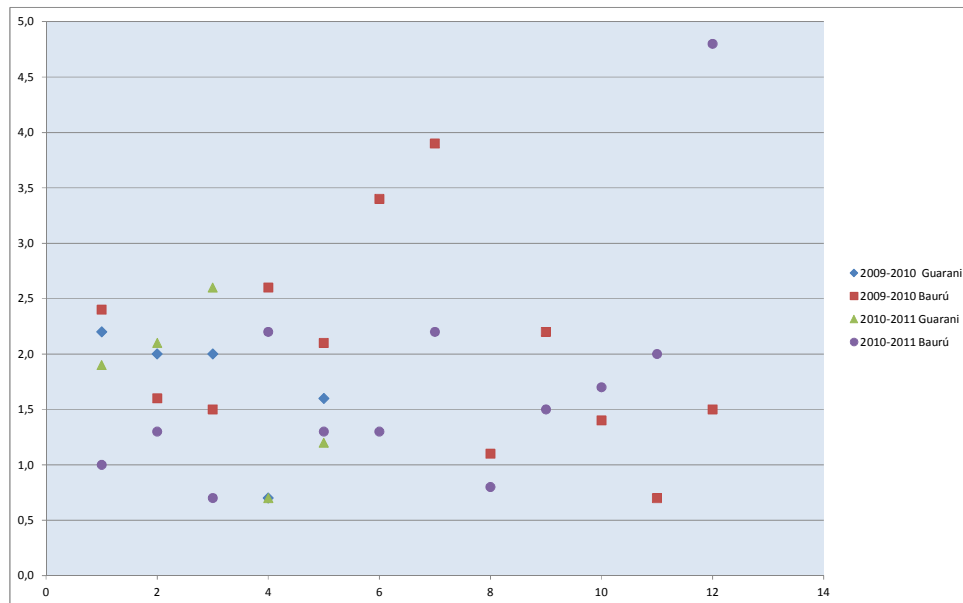


Figura 6 – Variação dos níveis nos poços em dois ciclos hidrológicos

CONCLUSÕES

A implantação da Rede Piezométrica em São Paulo iniciou o atendimento de uma demanda importante de informações hidrológicas para uso em planejamento e gestão de recursos hídricos no estado. Espera-se com a divulgação destas informações auxiliar outros órgãos e estados na atividade, bem como aperfeiçoar as metodologias de hidrometria nesta área.

Os primeiros resultados mostram claramente que os objetivos iniciais foram atingidos e estão se desenvolvendo de forma adequada. Já é possível obter informações quantitativas sobre o comportamento do nível da água subterrânea em função das precipitações, bem como os primeiros resultados da interação entre água subterrânea e água superficial nas bacias, de forma a que seja possível diminuir incertezas na determinação da contabilidade do ciclo hidrológico em várias bacias hidrográficas no estado e no país.