

ESTIMATIVAS DA RECARGA DO SISTEMA AQUIFERO BAURU-CAIUÁ ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2016

Rodrigo Lilla Manzione^{1 2 3}, Amanda Rodrigues Correa², Armanda de Aguiar Oliveira², Artur Bonini do Prado³, Jakson Jose Ferreira², Livia Alexandrina dos Santos², Mariana Ribeiro Fernandes², Munique Miyoshi de Almeida², Raquel Cabrera Gondim Machado², Regis Rossetto Ferraz de Barros², Suélen Dianne de Oliveira²

¹ UNESP/FCE – Faculdade de Ciências e Engenharia. Tupã/SP. manzione@tupa.unesp.br

² UNESP/FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente/SP. Programa de Pós graduação em Geografia – mestrado profissional

³ UNESP/FEIS – Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira/SP. Programa de Pós graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) – mestrado profissional

Palavras-Chave: variação da superfície livre, WTF, ESPERE

INTRODUÇÃO

A recarga das águas subterrâneas é uma variável crucial na tomada de decisão em sistemas de recursos hídricos. A partir da estimativa da recarga é possível planejar o uso e a ocupação das terras em função do seu potencial hídrico, ajustando o tipo de cultura à região, enfim, promover o uso sustentável da água, sem que a demanda afete a oferta (Manzione, 2015). Para isso taxas de recarga anuais podem ser definidas e praticadas em bacias hidrográficas, usando mecanismos baseados na outorga e na cobrança de recursos hídricos definidos na Lei 7.664/1997 (BRASIL, 1997). O objetivo desse trabalho foi estimar recargas das águas subterrâneas a partir de dados disponíveis na RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas) para o Sistema Aquífero Bauru-Caiuá entre os anos de 2013 e 2016, período marcado por anomalias climáticas como a seca 2013/2014 no Estado de São Paulo e o ENSO 2015/2016.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Sistema Aquífero Bauru-Caiuá é formado por arenitos finos a médios, com intercalações de argilitos e siltitos de origem predominantemente fluvial das diversas formações componentes do Grupo Bauru e do Grupo Caiuá. Ocupa principalmente grande parte do oeste do Estado de São Paulo, porções do Mato Grosso do Sul e do Paraná, sendo um sistema aquífero livre com grande área de afloramento. Essas condições facilitam sua exploração e lhe confere uma maior vulnerabilidade à contaminação por atividades agrícolas e industriais. Ocorre região hidrográfica do Paraná, sobreposto às intrusivas do sistema aquífero Serra Geral em uma área de 353.420 km² e espessura média de 200 m (ANA, 2005). A precipitação média é 1.457 mm/ano.

Dados disponíveis

Os dados de nível das águas subterrâneas utilizados nesse estudo foram obtidos após consulta na RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas) da CPRM (Serviço Geológico do Brasil) (<http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>). A Tabela 1 apresenta as principais características dos poços de monitoramento implantados no Sistema Aquífero Bauru-Caiuá utilizados nesse estudo. Dados climatológicos de precipitação e evapotranspiração foram obtidos pelo portal CIIAGRO online para o Estado de São Paulo (<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>) e no INMET para o Estado do Mato Grosso do Sul (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>).

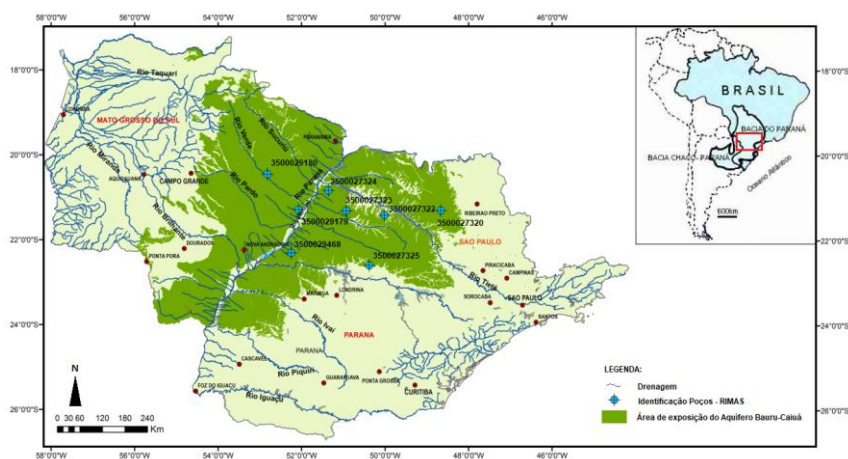


Figura 1. Localização dos municípios com poços da RIMAS utilizados nesse estudo

Tabela 1. Características dos poços de monitoramento da RIMAS no Sistema Aquífero Bauru-Caiuá utilizados nesse estudo.

ID	Município	Lat. Sul	Long. Oeste	Profundidade (m)	Vazão_específica (m ³ /h/m)	Nível Estático (m)	Vazão (m ³ /h)
	Pindorama/SP	-21,22	-48,90	60,00	ND	29,63	ND
3500027322	Penápolis/SP	-21,42	-50,01	44,00	0,823	18,66	14,93
3500027323	Valparaíso/SP	-21,31	-50,93	52,00	0,133	10,50	4,18
3500027324	Andradina/SP	-20,84	-51,35	60,00	0,112	13,38	4,59
6500027325	Assis/SP	-22,60	-50,37	60,00	0,572	25,51	13,14
3500029179	Brasilândia/MS	-21,29	-52,06	60,00	21,667	28,05	7,80
3500029180	Água Clara/MS	-20,46	-52,82	60,00	0,824	36,93	3,75
3500029468	Teodoro Sampaio/SP	-22,31	-52,24	78,00	3,099	29,22	4,40

ID = identificador, Lat. = latitude, Long. = longitude, ND = não disponível

Metodologia

O método utilizado para estimativa das recargas foi o método da variação da superfície livre do aquífero (*WTF - Water Table Fluctuation*). O método baseia-se na hipótese de que a variação de volume do aquífero livre é inteiramente atribuída à elevação do seu nível freático, ΔH , correspondente à variação do armazenamento de água, ΔS^{gw} . Considerando-se um intervalo de tempo Δt , a recarga R é expressa por:

$$\Delta S^{gw} = R = S_y \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (\text{Equação 1})$$

em que, S_y é o rendimento específico do aquífero. A Equação 15 assume que toda a quantidade de água que atinge o nível freático, imediatamente, entra no armazenamento e todas as outras componentes do balanço hídrico subterrâneo (zona saturada), aplicado em uma bacia hidrográfica, são nulas durante o período de recarga subterrânea (Manzione, 2015). Na definição a recarga, ΔH é definido como a diferença entre o pico da curva de ascensão e o ponto mais baixo da curva de recessão antecedente, a qual é extrapolada até o instante do pico. As análises da recarga foram conduzidas no software ESPERE (Lanini et al., 2016). A partir dos gráficos gerados foi possível extrapolar as linhas de recessão para cada declínio na oscilação do nível freático. As estimativas das recargas parciais foram obtidas através da diferença entre o pico da elevação do nível freático e o último valor da linha extrapolada, vezes o valor do rendimento específico do Sistema Aquífero Bauru. Os valores de S_y variaram entre 10 e 15%, discretizadas conforme valores descritos em Mancusso e Campos (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das recargas variaram expressivamente de ano para ano e também entre os poços estudados. A Tabela 2 apresenta os resultados calculados de recarga (R) e a porcentagem da precipitação (P) a que correspondem. A Figura 2 mostra a oscilação dos níveis no período.

Tabela 2. Recargas calculadas entre os anos de 2013 e 2016 para poços de monitoramento do Sistema Aquífero Bauru-Caiuá.

Ano	2013			2014			2015			2016		
	Município	P	R	%R/P	P	R	%R/P	P	R	%R/P	P	R
Pindorama	1429,4	259,2	18,1	961,2	164,4	17,1	1367,8	100,8	7,4	1368,1	236,4	17,3
Penápolis	690,8	172,5	24,9	904,8	43,5	4,8	2019,8	321,0	15,9	1422,2	247,5	17,4
Valparaíso	991,1	702,0	70,8	1074,6	570,0	53,0	1533,9	878,0	57,2	1111,6	641,0	57,7
Assis	1381,9	77,0	5,6	1148,0	151,0	13,2	1795,0	187,0	10,4	1384,2	291,0	21,0
Andradina	991,6	163,5	16,5	766,2	97,5	12,7	1098,0	294,0	26,8	1140,4	267,0	23,4
T. Sampaio	1247,5	519,0	41,6	1527,8	163,0	10,7	1792,0	369,0	20,6	1570,7	280,0	17,8
A. Claras	1066,4	122,0	11,4	1291,5	30,0	2,3	1408,2	49,0	3,5	1138,5	155,0	13,6
Brasilândia	1309,6	34,0	2,6	1046,6	5,0	0,5	1633,4	62,0	3,8	1096,4	166,0	15,1

P = precipitação, R = recarga

No poço localizado no município de Pindorama, as recargas calculadas foram de 259,2mm, 164,4mm, 100,8mm e 236,4mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 1.429,4mm (2013), 961,2mm (2014), 1.367,8mm (2015) e 1.368,1mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 18,1% para 2013, 17,1% para 2014, 7,4% para 2015 e 17,3% para 2016. No poço localizado no município de Penápolis, as recargas calculadas foram de 24,9mm, 43,5mm, 321mm e 247,5mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 690,8mm (2013), 904,8mm (2014), 2.019,8mm (2015) e 1.422,2mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 24,9% para 2013, 4,8% para 2014, 15,9% para 2015 e 17,4% para 2016. No poço localizado no município de Valparaíso, as recargas calculadas foram de 702,0mm, 570,0mm, 878,0mm e 641,0mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 991,1mm (2013), 1.074,6mm (2014), 1.533,9mm (2015) e 1.111,6mm (2016). Isso correspondeu a uma porcentagem de recarga em relação a quantidade de chuva de 70,8% para 2013, 53,0% para 2014, 57,2% para 2015 e 57,8% para 2016. Nesse poço verificou-se um comportamento anômalo e relação aos outros em estudo, com taxas de recarga muito altas e elevações sistemática (7,6 metros de amplitude no período). No poço localizado no município de Assis, as recargas calculadas foram de 77,0mm, 151,0mm, 187,0mm, e 291,0mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 1.381,9mm (2013), 1.148,0mm (2014), 1.795,0mm (2015) e 1.384,2mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 5,6% para 2013, 13,2% para 2014, 10,4% para 2015 e 21,0% para 2016. No poço localizado no município de Andradina, as recargas calculadas foram de 163,5mm, 97,5mm, 294,0mm e 267,0mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 991,6mm (2013) 766,2mm (2014), 1.098,00mm (2015) e 1.140,40 mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 16,7% para 2013, 12,7% para 2014, 26,8% para 2015 e 23,4% para 2016. No poço localizado no município de Teodoro Sampaio, as recargas calculadas foram de 519,0mm, 163,0mm 369,0mm e 280,0 mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 1.247,5mm (2013), 1.527,8mm (2014), 1.792,0mm (2015) e 1.570,7mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação à chuva de 41,6% para 2013, 10,7% para 2014, 20,6% para 2015 e 17,8% para 2016. No poço localizado no município de Água Clara, as

recargas calculadas foram de 122,0mm, 30,0mm, 49,0mm e 155,0mm para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 1.066,4mm (2013), 1.291,5mm (2014), 1.408,2mm (2015) e 1.138,5mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 11,4% para 2013, 2,3% para 2014, 3,5% para 2015 e 13,6% para 2016. No poço localizado no município de Brasilândia, as recargas calculadas foram de 2,6mm, 5,0mm, 62,0mm e 166,0mm para os anos de 2014, 2015 e 2016 respectivamente. Nesse período as precipitações anuais foram de 1.309,6mm (2013), 1.046,6mm (2014), 1.633,4mm (2015) e 1.096,4mm (2016). Isso equivaleu uma porcentagem de recarga em relação a chuva de 2,6% para 2013, 0,5% para 2014, 3,8% para 2015 e 15,1% para 2016.

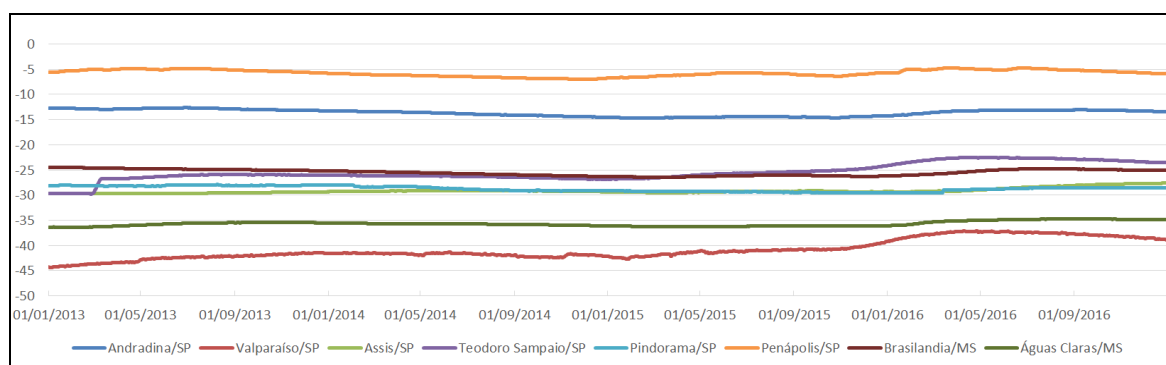


Figura 2. Oscilação dos níveis entre 2013 e 2016 nos poços da RIMAS utilizados nesse estudo.

De maneira geral, os poços apresentaram recarga em todos os períodos, por menores que fossem as taxas. Também verificou-se que após a seca e durante a influência do ENSO houve uma tendência de elevação generalizada nos níveis.

CONCLUSÕES

A partir dessas análises pode-se concluir que:

- o método WTF foi eficiente na estimativa das recargas dos poços estudados;
- os anos de 2014 e 2015 tiveram valores de recarga inferiores a 20% da precipitação enquanto nos anos de 2013 e 2016 os valores foram superiores a 20%; e
- os valores de recarga variaram entre 2,6 e 70,83% em 2013; entre 0,5 e 53% em 2014; entre 3,5 e 57,2% em 2015; e entre 13,6 e 57,7% em 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2005. 123p.
- BRASIL (GOVERNO DO BRASIL). Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 12 mar. 2014.
- Lanini, S.; Caballero, Y.; Seguin, J. J.; Maréchal, J. C. ESPERE- A Multiple-Method Microsoft Excel Application for Estimating Aquifer Recharge. Ground water, v. 54, p. 155-156, 2016.
- Mancusso, M. A.; Campos, J. E. Aquífero Bauru. In: ROCHA, G. (coord). Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000: nota explicativa. 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. p. 32-38.
- Manzione, R. Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 383 p.