

APLICAÇÕES DE MODELAGEM ESPACIAL E TEMPORAL NO MAPEAMENTO DE NÍVEL FREÁTICO E MODELAGEM DE FLUXO SUBTERRÂNEO EM ÁREA DO SISTEMA AQUIFERO BAURU (SAB)

Lucas Vituri Santarosa¹, Rodrigo Lilla Manzione²

¹ Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP/IGCE. Rio Claro (SP) lucasviturisantarosa@gmail.com

² Faculdade de Ciências e Engenharia de Tupã – UNESP. Tupã (SP) rlmanzione@gmail.com

Palavras-Chave: Modelagem de fluxos; Geoestatística; Estimativa de recarga

INTRODUÇÃO

O futuro em relação aos recursos naturais tem motivado muitas reflexões sobre o modo de vida contemporâneo. Sendo que a escassez de recursos hídricos é o que mais preocupa os gestores ambientais diante de uma iminente crise hídrica. Este quadro tem aumentado a importância estratégica das águas subterrâneas e evidencia a urgência da criação de programas eficientes voltados para melhoria da gestão dos recursos hídricos subterrâneos capazes de: (i) dimensionar e monitor a qualidade e disponibilidade, buscando avaliar os impactos sobre os sistemas ecológicos e indicar áreas com demanda crescente para alocar recursos; (ii) caracterizar as inter-relações existentes entre as águas superficiais e subterrâneas, bem como as características do sistema e controles geológicos; (iii) os efeitos provocados pela sazonalidade e possíveis alterações nas condições climáticas e; (iv) os efeitos das diferentes formas de uso e ocupação da terra na dinâmica das águas subterrâneas.

O levantamento de dados é fundamental para que um sistema de monitoramento viabilize o entendimento representativo do estado dos recursos naturais (BAALLOUSHA, 2010). O monitoramento das águas subterrâneas de modo eficiente pode ser amparado pelo uso de métodos estocásticos, capazes de reunir informações que permitam a tomada de decisões estratégicas a partir de um plano de manejo dos recursos hídricos (KNOTTERS; BIERKENS, 2001)

A complexidade da dinâmica das águas subterrâneas, governada pela combinação sistêmica de fatores naturais e antrópicos, exige a utilização de modelos de dados com a capacidade de explicar sua dinâmica natural (KRESIC; MIKSZEWSKI, 2013). Diante deste desafio a modelagem geoestatística permite a compreensão da dispersão espacial e temporal das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de recursos naturais (SOARES, 2006). A aplicação da geoestatística no monitoramento dos aquíferos pode facilitar o levantamento de informações ao minimizar dificuldades decorrentes dos custos, limitações naturais e do tempo (KITANIDIS, 1997), proporcionando análises espaciais e temporais que auxiliem na gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Diante desta perspectiva, este estudo pretende apresentar resultados de um estudo espacial e temporal do Sistema Aquífero Bauru (SAB) na Estação Ecológica de Águas de Santa Bárbara (EEcSB) (Figura 1). O objetivo é mostrar que o levantamento de dados de características ambientais podem ser incorporadas na modelagem para melhorar a qualidade do mapeamento do nível freático (SANTAROSA, 2016) e gerar modelos hidrogeológicos conceituais para compreensão do comportamento dos fluxos subterrâneos (SANTAROSA; MANZIONE, 2017) e realizar a estimativa da recarga a partir do mapeamento no nível freático (SANTAROSA; MANZIONE, 2018).

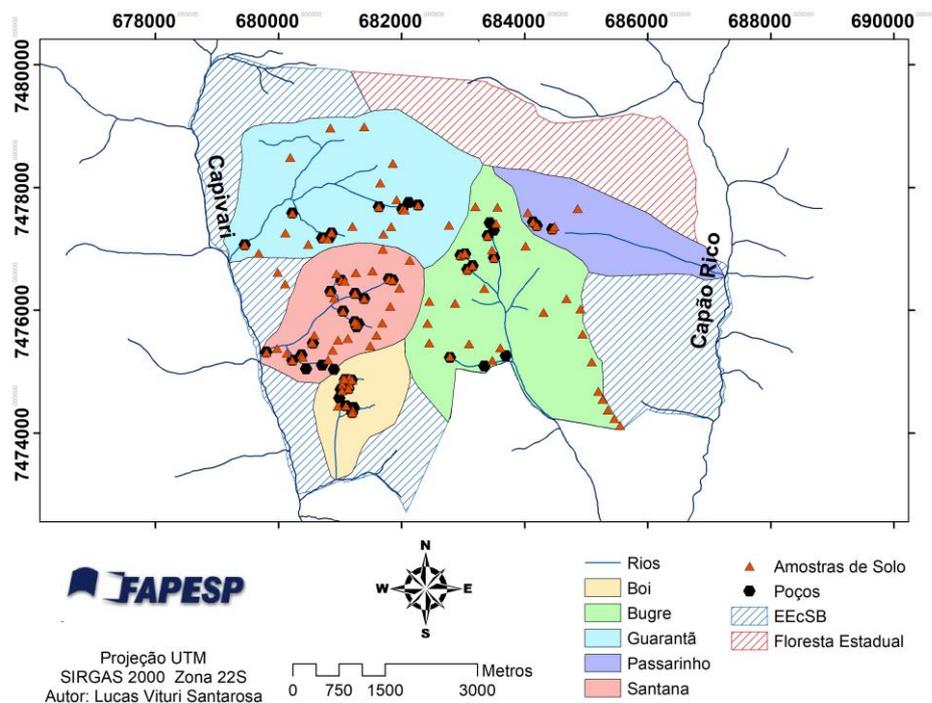


Figura 1. Localização dos poços de monitoramento e pontos de coleta de dados na EECsB (SANTAROSA; MANZIONE, 2017)

METODOLOGIA

A metodologia empregada envolveu a coleta de dados em campo utilizados para caracterização de parâmetros físicos do solo (granulometria, condutividade hidráulica, umidade do solo e resistência do solo à penetração), medição do nível freático e aquisição de dados disponíveis (cartas topográficas e modelos digitais de elevação). Com os dados coletados e o uso da modelagem geoestatística (krigagem e cokrigagem), os dados foram interpolados e passaram a compor um banco de dados espacial e temporal, capaz de permitir as aplicações na estimativa de recarga e modelagem de fluxo a partir do modelo hidrogeológico conceitual do (Figura 2).

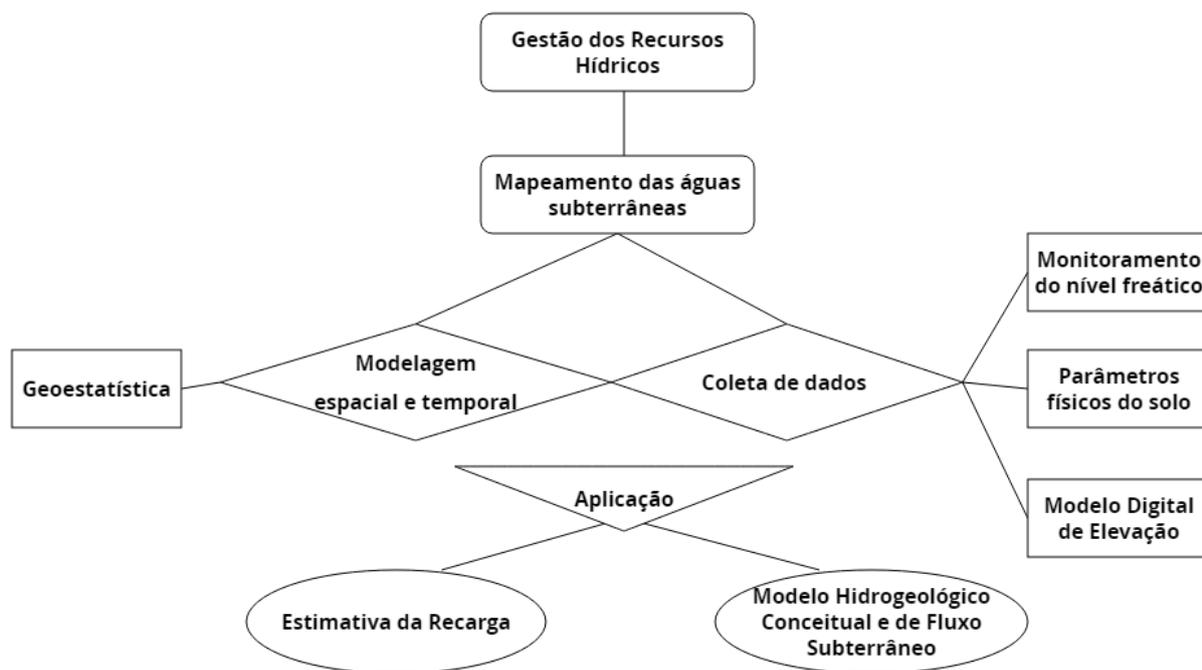


Figura 2. Fluxograma dos processos realizados a partir do objetivo geral do trabalho e geração dos resultados

Os detalhes das metodologias empregadas podem ser consultadas nos estudos de Santarosa (2016) e Santarosa e Manzione (2017, 2018).

RESULTADOS

Um dos resultados obtidos na elaboração do modelo hidrogeológico conceitual são apresentados na Figura 3 que mostra os padrões de fluxo, o divisor de águas subterrâneas e as principais dinâmicas identificadas:

- I. Escoamento na direção das bacias da região oeste, seguindo o sentido das bacias do Guarantã, Santana e Boi em direção do rio Capivari;
- II. Escoamento na direção da Bacia do Bugre com maior recepção dos fluxos gerados ao norte da área indo no sentido sul;
- III. Uma representatividade menor de fluxos no extremo leste, na direção da Bacia do Passarinho, revelando menor volume de água desta região que contribui para vazão do rio Capão Rico.

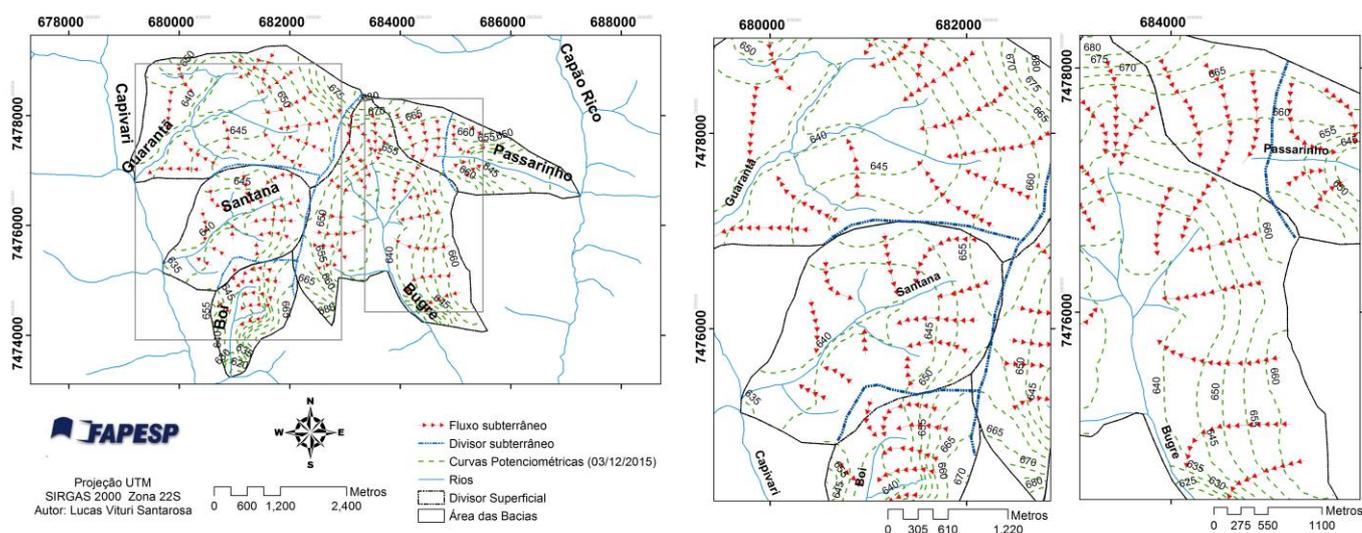


Figura 3. Simulação da trajetória dos fluxos nas condições hidrogeológicas simuladas (SANTAROSA; MANZIONE, 2017)

Esta estimativa e outros dados apresentado no referido estudo são importantes para gestão dos recursos hídricos ao indicar a trajetória de contaminantes ou áreas com predominância de fluxos e manutenção do nível freático que podem ser associadas a preservação de condições ecológicas importantes ou sistematizar uma operação de aproveitamento das águas subterrâneas para abastecimento público em períodos de escassez.

Neste contexto, a estimativa de recarga que pode ser obtida pela álgebra dos mapas do nível freático apresenta outra aplicação relevante dos estudos apresentados. A Tabela 1 mostra os volumes calculados a partir da aplicação da Equação 1 nos valores de nível freáticos retirados do mapeamento com menor erro de estimativa e converte-los em valores de recarga.

$$VR = (NF_f - NF_i)A\eta_e \text{ (Equação 1)}$$

Onde, o volume de recarga (VR) é calculado pela variação do nível freático em metros obtido pela diferença do nível inicial e final ($NF_f - NF_i$) no período, multiplicado pelo valor da área de cada pixel em metros quadrados (A) e pelo valor de porosidade efetiva (η_e).

Tabela 1. Valores do volume de precipitação armazenados no aquífero no período úmido entre novembro de 2014 e dezembro de 2015 adaptado de Santarosa e Manzione (2018)

	Recarga 1 (21/11/2014 até 05/05/2015)	Recarga 2 (16/10/2015 até 03/12/2015)	Total
Período de recarga (dias)	166	49	-
Precipitação total (mm)	890	470	1360
Área das bacias (km²)	25,48		
Volume recuperado (m³)	1.491.271,00 ± 507.744,00	2.069.901,00 ± 761.616,00	3.561.172,00 ± 1.269.360,00
Recarga (mm)	58 ± 20	81 ± 30	140 ± 50

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados constituem uma ferramenta importante para gestão dos recursos hídricos em áreas prioritárias em que os aquíferos são mais vulneráveis à ação antrópica e as mudanças nos padrões climáticos. O conhecimento das dinâmicas de oscilação do nível freático e o comportamento hidrodinâmico podem subsidiar respostas mais rápidas em períodos de escassez hídricas ou impactos gerados pela ação antrópica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de estudos LABH2O e os envolvidos na coleta de dados em campo, ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF) pelo acesso a área de estudo e cooperação científica, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro (processo 2014/04524-7) e pela bolsa de mestrado (processo 2015/05171-3) concedidos para execução dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAALOUSHA, Husam. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 97, n. 2, p. 240–246, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377409002820>>. Acesso em: 25 maio. 2018.
- KITANIDIS, P. K. (Peter K. .. **Introduction to geostatistics : applications to hydrogeology**. [s.l.] : Cambridge University Press, 1997. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Introduction_to_Geostatistics.html?id=ZvoibTTS9QwC&redir_esc=y>. Acesso em: 25 maio. 2018.
- KNOTTERS, Martin; BIERKENS, Marc F. P. Predicting water table depths in space and time using a regionalised time series model. [s. l.], 2001.
- SANTAROSA, Lucas Vituri [UNESP]. Mapeamento de níveis freáticos do sistema aquífero bauru (SAB) em área de proteção ambiental em Águas de Santa Bárbara/SP durante o ano hidrológico 2014/15. [s. l.], 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/143849>>. Acesso em: 28 mar. 2018.
- SANTAROSA, Lucas Vituri; MANZIONE, Rodrigo Lilla. Modelo Hidrogeológico Conceitual da Estação Ecológica de Santa Bárbara (EEcSB) em área do Sistema Aquífero Bauru (SAB). **Águas Subterrâneas**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 404, 2017. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28826>>. Acesso em: 28 mar. 2018.
- SANTAROSA, Lucas Vituri; MANZIONE, Rodrigo Lilla. Soil variables as auxiliary information in spatial prediction of shallow water table levels for estimating recovered water volume. **RBRH**, [s. l.], v. 23, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2318-03312018000100222&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 19 jun. 2018.
- SOARES, Almicar, **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. 2a ed. Lisboa: IST Press, 2006.