

ESTIMATIVA DE RECARGA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL UTILIZANDO BALANÇO HÍDRICO

Vinicius Menezes Borges⁽¹⁾

Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
e-mail: viniciusborges@ymail.com

Eldimar da Silva Paes⁽²⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
e-mail: eldimar.paes@gmail.com

RESUMO

A estimativa da recarga aquífera fornece um importante subsídio para uma melhor gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Neste trabalho foi utilizado o método indireto do balanço hídrico com o objetivo de estimar a recarga anual do aquífero Serra Geral no Paraná. Foram selecionadas seis bacias hidrográficas sob as quais se encontra o aquífero para a realização do balanço. Os resultados demonstraram valores de recarga que variam de 3 a 17% da precipitação, tendo-se uma média ponderada de 10% que ao final do trabalho foi aplicado às bacias vizinhas que não possuíam dados de vazão. É sugerido que sejam realizados novos trabalhos na mesma área de estudo, a fim de validar a metodologia utilizada e reduzir as incertezas.

PALAVRAS-CHAVE: Recarga, Aquífero Serra Geral, Balanço Hídrico.

INTRODUÇÃO

A água é um bem escasso dotado de valor econômico e um recurso essencial para o desenvolvimento humano. Sua crescente demanda é evidente em todo planeta e uma das principais causas para esse aumento é o crescimento populacional, gerando maior consumo doméstico, industrial e agrícola.

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) representa uma importante fonte de abastecimento de água para o estado do Paraná. Apesar de ser um sistema fraturado, cujos poços, além de possuir baixas vazões, são amplamente explorados. No estado do Paraná, o SASG contribui com 55% do volume de água proveniente de aquíferos distribuídos pela Companhia de Saneamento do Paraná, sendo que, neste Estado, 56% dos municípios são abastecidos com águas subterrâneas (SANEPAR, 2016).

Quanto à caracterização hidrogeológica, o Aquífero Serra Geral, compreende as rochas formadas por uma sequência de derrames de lavas basálticas com intercalações de camadas arenosas que cobrem as formações paleozoicas da Bacia do Paraná. Essa formação é resultante de intensas atividades vulcânicas que ocorreram ainda no período onde perduravam as condições desérticas da Formação Botucatu. Em locais onde a formação Botucatu ocorre em maior profundidade, o Aquífero Serra Geral pode apresentar até 1500 metros de espessura. Os sistemas de faturamento estão relacionados tanto a esforços tectônicos como de processos de resfriamento. Quanto à hidroquímica, as águas do SASG são geralmente classificadas como bicarbonatada cálcica e bicarbonatada cálcica-magnésiana. As concentrações de sólidos totais dissolvidos são geralmente inferiores a 170 mg/L. Entretanto, é comum a ocorrência de misturas de água do Aquífero Guarani, podendo-se observar um elevado aumento nas concentrações de sódio, fluoretos, sólidos totais dissolvidos e pH, além de outros elementos (MENDES *et al*, 2002).

Neste contexto, avaliar a recarga aquífera é um dos fatores determinantes para que seja feito um bom gerenciamento da exploração das águas subterrâneas, visando à proteção em termos de quantidade e qualidade das águas em longo prazo.

A recarga aquífera constitui uma importante parcela do balanço hídrico em uma bacia e a sua quantificação é um processo estimativo, com diversas dificuldades para a validação dos resultados obtidos qualquer que seja o método utilizado.

No balanço hídrico, tem-se como entrada no sistema a precipitação e como a saída a evapotranspiração e o excedente hídrico, que é dividido em escoamento superficial e recarga aquífera.

OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo estimar a recarga anual do Aquífero Serra Geral no estado do Paraná, utilizando o método indireto do balanço hídrico, a partir de dados de precipitação, evapotranspiração e vazão.

METODOLOGIA

Neste presente trabalho, será utilizado o método do balanço hídrico para a estimativa da recarga no Sistema Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná. Como não é possível medir a recarga diretamente, serão calculadas as outras parcelas do balanço hídrico para a sua estimativa.

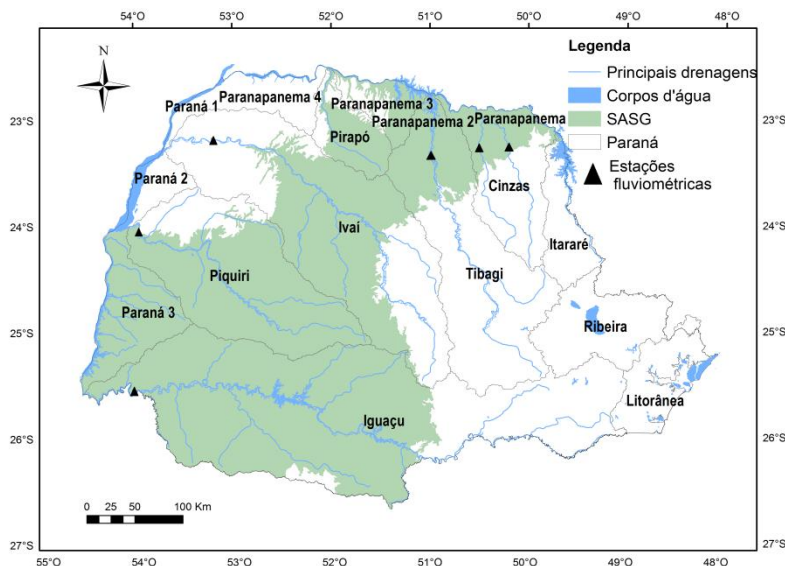
A recarga é um processo de movimento de água que atinge a zona saturada através da força gravitacional. É considerada como a quantidade de água que contribui para aumentar a reserva subterrânea permanente ou temporária (VASCONCELOS, 2015).

No balanço hídrico, a lâmina d'água precipitada sobre o solo divide-se em três parcelas: evapotranspiração real, escoamento superficial e infiltração total. A infiltração inclui a água que fica retida no solo e que recarrega o aquífero. Segundo Castany (1975), se considerarmos o aquífero Serra Geral como livre, podemos calcular a recarga através da diferença entre a precipitação, evapotranspiração real e escoamento superficial utilizando a expressão:

$$R = P - (E + Q) \quad \text{equação (1).}$$

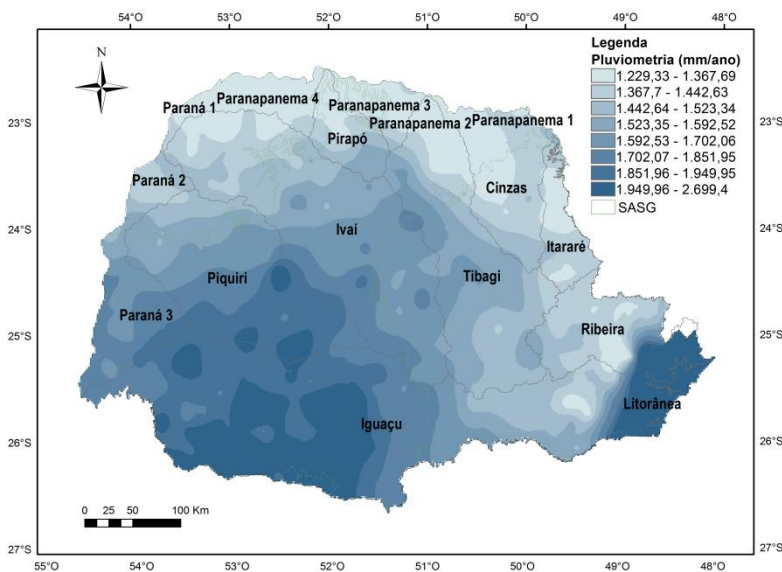
Para a área de estudo e as bacias hidrográficas são representadas pela Figura 1. Foram obtidos dados de precipitação, evapotranspiração e vazão a fim de estimar o valor da recarga. A Figura 2 representa as bacias hidrográficas estudadas.

Figura 1: Localização da área de estudo. Em verde está destacado o SASG dentro do estado do Paraná.



Os valores de precipitação foram obtidos através da interpolação de dados de estações pluviométricas. O método de interpolação utilizado foi a Krigagem, através do software ArcGis. Os valores de precipitação média anual são apresentados na Figura 2.

Figura 2: Precipitação média total em milímetros. (Fonte: Elaborado a partir de CPRM, 2016)



Os dados de evapotranspiração (Figura 4) foram obtidos através da fórmula de L. Turc, que calcula a evapotranspiração através da seguinte expressão empírica:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{equação (2).}$$

Onde: ETR= Evapotranspiração média anual em milímetros;

P= Precipitação média anual em milímetros;

L= Parâmetro empírico dado pela expressão:

$$L = 300 + 25T + 0,05 T^3 \quad \text{equação (3).}$$

Onde T é a temperatura média anual.

Para o cálculo da evapotranspiração foram necessários dados de temperatura anual média, que foram obtidos no site do Instituto Agrônomo do Paraná (Figura 3), e em seguida foi calculado o mapa de evapotranspiração utilizando a ferramenta *Spatial Analyst Tools- Map Algebra- Raster Calculator*, do ArcGis.

Para a parcela escoamento superficial foram consideradas as vazões médias nas bacias hidrográficas no estado do Paraná, obtidas através de séries históricas de estações fluviométricas no hidroweb. Foram consideradas para o cálculo as estações mais a jusante do rio principal com dados de vazão. Com a área das bacias, delimitadas através da ferramenta *Arc Hydro Tools* do ArcGis, as vazões médias em $m^3 \cdot s^{-1}$ foram convertidas em mm/ano.

Em posse dos dados de precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial foi calculada a recarga aquífera para as bacias do Rio Iguaçu, Ivaí, Piquiri, Tibagi, Pirapó e Rio das Cinzas através da equação (1).

Figura 3: Temperatura média anual. (Fonte: IAPAR, 2016).

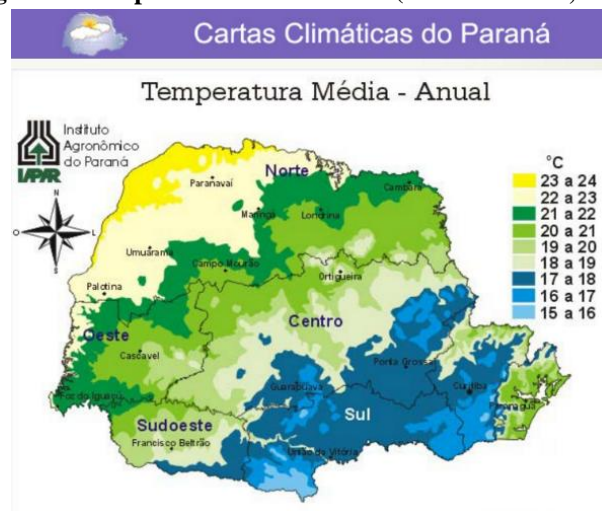
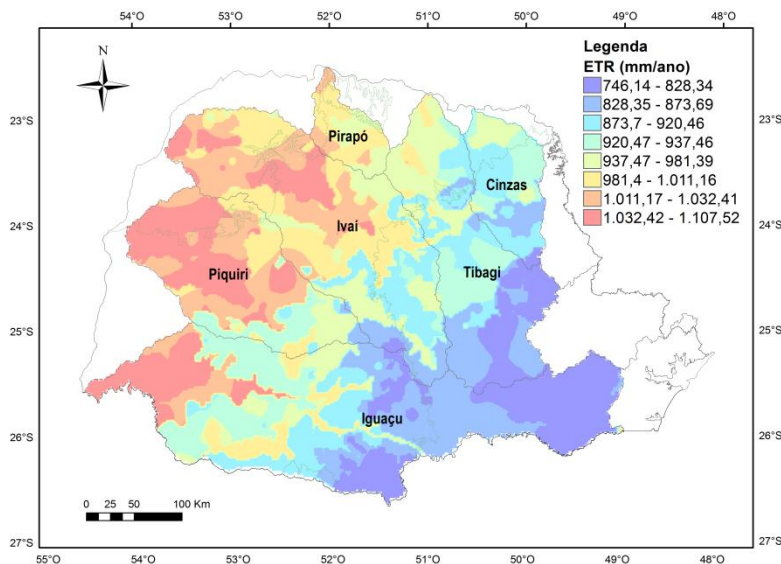


Figura 4: Evapotranspiração real anual estimada através da fórmula de L. Turc.



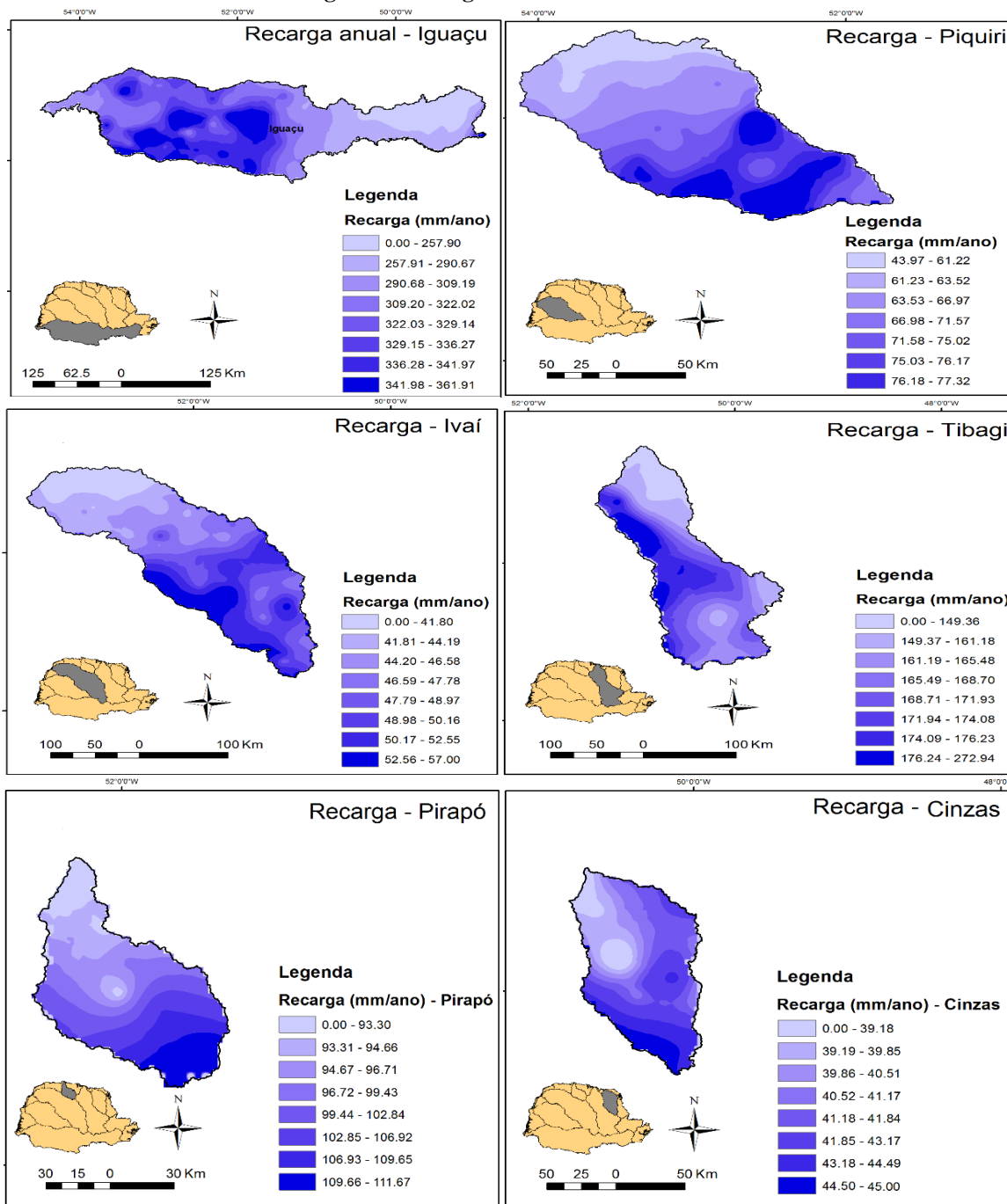
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do balanço hídrico são mostrados na Tabela 1 de forma separada para cada bacia.

Tabela 1: Balanço hídrico para cada bacia.

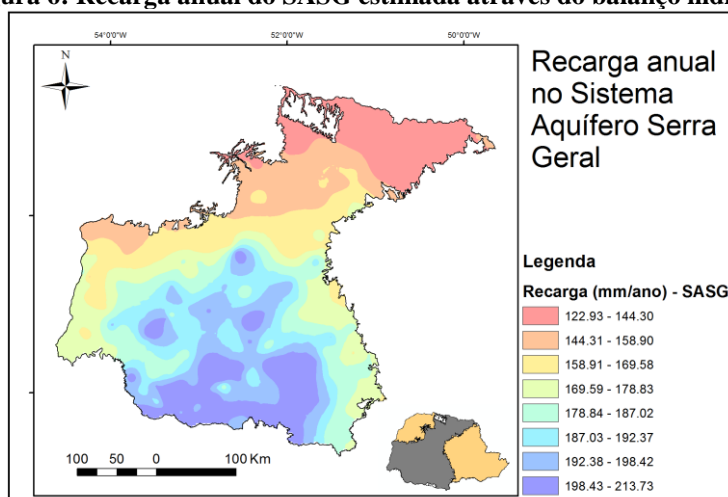
Bacia	Vazão média (m ³ /s)	Área (Km ²)	Precipitação média (mm/ano)	Evapotranspiração média (mm/ano)	Recarga total (mm/ano)	Recarga (% da precipitação)
IGUAÇU	1361	70800	1821.6	899	316.38	17%
PIQUIRI	510	24172	1738.7	1010.9	62.43	4%
IVAÍ	642	36540	1577.9	976.9	46.92	3%
TIBAGI	363	24937	1508.2	889.4	159.74	11%
PIRAPÓ	56	5098	1433.4	991.1	95.89	7%
CINZAS	132.75	9613	1383	908.8	38.71	3%

Figura 5: Recargas das bacias estudadas.



Através de uma média ponderada, tem-se que a recarga média no Aquífero Serra Geral é de 10% da precipitação, o que corresponde a um valor médio de 178 mm. Esse valor foi extrapolado para as pequenas bacias vizinhas que não possuem dados de vazão afim de especializar os resultados, gerando um mapa de recarga anual, obtido através da multiplicação da precipitação média anual por 0,1 (Figura 6).

Figura 6: Recarga anual do SASG estimada através do balanço hídrico.



CONCLUSÕES

A partir do mapa de recarga gerado é possível delimitar áreas de maior recarga aquífera, visando a proteção desses locais para a melhor manutenção das águas subterrâneas em termos de quantidade e qualidade.

Não se pode ter certeza com relação a precisão dos resultados, devido a uma grande dificuldade de se estimar a evapotranspiração real, porém, o resultado de recarga média de 10% é coerente com outros trabalhos relativos à recarga aquífera em basaltos.

Novos trabalhos estão sendo realizados para a mesma área no intuito de estimar a recarga aquífera utilizando-se outros métodos, como a separação do escoamento de base. A comparação com outras metodologias para estimativa da recarga pode ser fundamental para a validação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Hidroweb. Disponível em <hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 10 de novembro de 2015.
- CASTANY, G. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Barcelona: Ed. Omega, 1975. 738 p.
- COLLISCHONN, V. TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. Material didático- IPH/UFRGS.
- IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em 04 de outubro de 2015.
- MENDES, E. A; *et al.*. Mananciais Subterrâneos no Estado do Paraná. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- SANEPAR, Companhia Paranaense de Saneamento. Notícias de 31 de março de 2015. Disponível em: <<http://www.site.sanepar.com.br/noticias/aquiferos-fornecem-21-da-agua-tratada-consumida-pelos-clientes>>. Acesso em 6 de novembro de 2015.
- VASCONCELOS, S. M. S. Balanço hídrico e estimativa de reservas. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Acesso em 2 de dezembro de 2015.