

Desenvolvimento de WebGIS para separação de escoamento e estimativa de recarga

Autor: Lucas Moraes dos Santos

Orientador: Vania Elisabete Schneider Co-autores: Taison Anderson Bortolin e Adriano Gomes da Silva



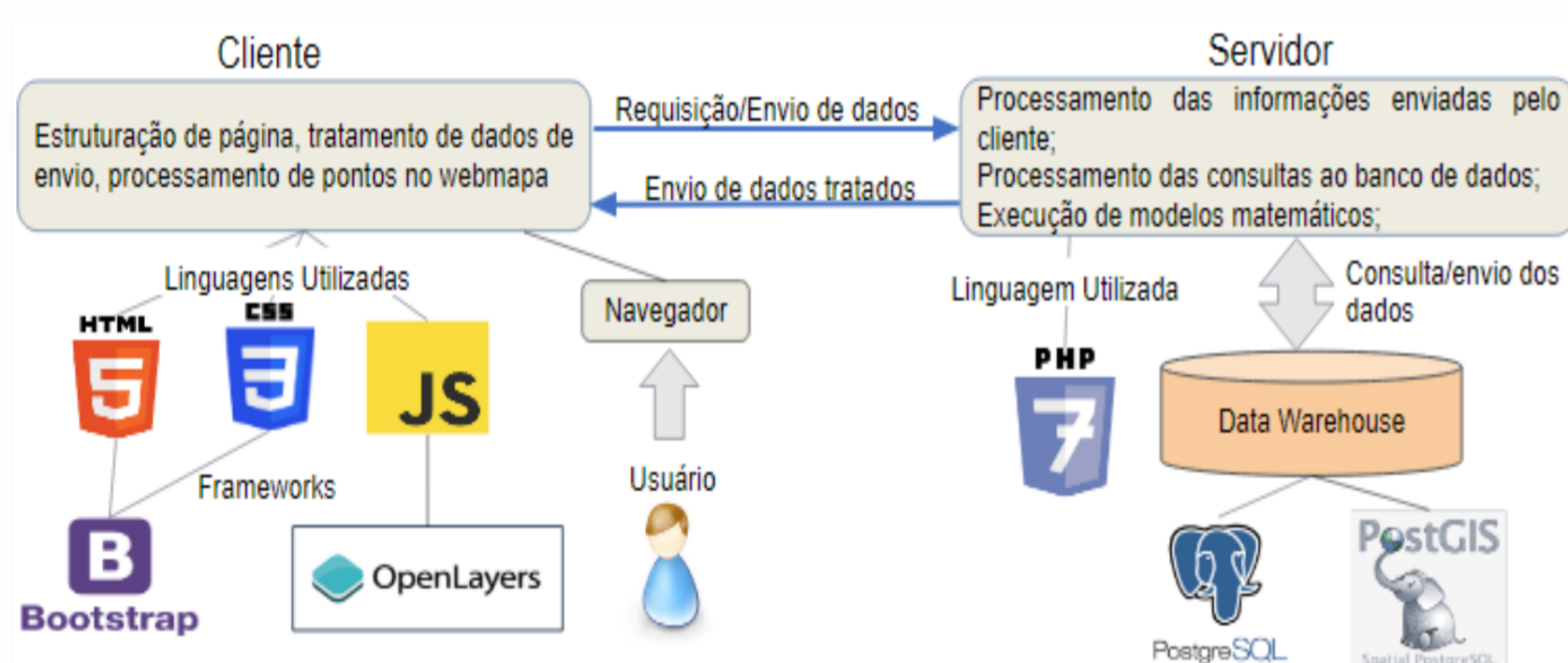
Introdução / Objetivo

Os dados de vazão são comumente usados para estimar as taxas de recarga nas regiões úmidas, uma vez que existe uma relação intrínseca entre as águas superficiais e subterrâneas, cujos sistemas estão intimamente conectados (WINTER et al., 1998; HEALY, 2010). A parcela de água que alcança o aquífero é representada pelo escoamento de base ou escoamento lento, que somada ao escoamento direto forma o escoamento superficial (CHOW, 1988). Para encontrar os valores de recarga há a necessidade de fazer a separação do escoamento de base do escoamento superficial, através da análise de hidrogramas obtidos em postos fluviométricos, sendo que existem vários métodos para realizar este procedimento, os quais são descritos nos trabalhos de Arnold et al., (1995); Arnold e Allen, (1999); Sloto e Crouse, (1996); Lim et al., (2005); Eckhardt, (2005). Uma abordagem interessante para separação de escoamento é o uso de filtros digitais (NATHAN e MCMAHON, 1990; ARNOLD et al., 1995; CHAPMAN, 1999; ECKHARDT, 2005), cuja técnica remove a subjetividade de separação manual, proporcionando reprodutibilidade consistente dos resultados alcançados. O uso de ferramentas computacionais permite reduzir o tempo de cálculo, principalmente quando se trata de um grande período de análise de dados. Neste contexto, o trabalho visa apresentar um WebGIS que disponibiliza consulta de dados hidrológicos, seleção de diferentes métodos de escoamento de base e estimativas de recarga, cujo sistema inicialmente foi produzido para ser aplicado no estado do Rio Grande do Sul, com capacidade de ser replicado para todo o Brasil.

Metodologia

- Utilização de uma versão modificada da metodologia de desenvolvimento conhecida como Processo Unificado, que sugere uma abordagem para modelagem e construção de software através de iterações curtas com resultados testáveis (LARMAN, 2005);
- Desenvolvimento do WebGIS utilizando o padrão de arquitetura de software MVC (Model-View-Controller), baseado no paradigma de programação orientada a objetos (OOP), padrão de desenvolvimento que subdivide o software em componentes como modelo, visão e controlador (HASAN & ISAAC, 2011);
- Linguagens de programação PHP 7.0, HTML5, JS e CSS3 para desenvolvimento programático das camadas constituintes do sistema;
- Dados hidrológicos do portal HIDROWEB integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH);
- Sobre os dados consultados, poderá ser aplicado um dos quatro métodos de separação de escoamento implementados: Algoritmo de Lyne and Hollick / Nathan e Macmahon / Arnold (filtro de 1-parâmetro) (NATHAN e MCMAHON, 1990; ARNOLD et al., 1995); Algoritmo Chapman (CHAPMAN, 1999); Eckhardt (ECKHARDT, 2005); Eckhardt com máximo BFI calculado a partir do filtro;
- Também podem ser gerados gráficos temporais e estatísticos sobre os resultados, para análises posteriores;
- Organização da aplicação segue uma lógica Cliente-Servidor (SOMMERVILLE, 2011), e a subdivisão do sistema pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 – Subdivisão do sistema



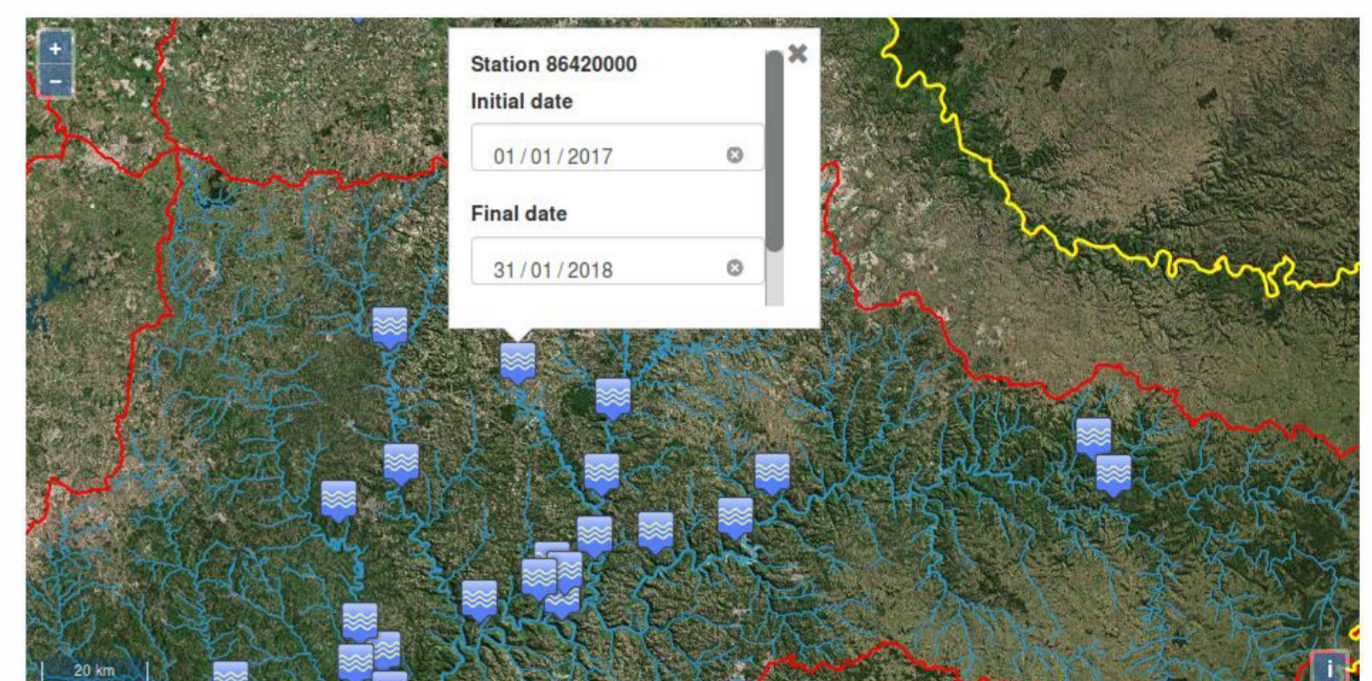
Resultados e Discussão

A escolha de um SIG visou maximizar a eficiência do planejamento e tomada de decisão com base na exposição das diferentes estações no WebMap, através da interatividade com esses objetos, aproveitando o conhecimento prévio sobre a localização das estações. O uso do SIG também forneceu meios eficientes ao usuário para a manipulação dos dados geográficos disponibilizados através da ferramenta, devido à integração com dados da Agência Nacional de Águas (ANA). O Data Warehouse foi empregado em virtude do formato de dados pré-disponibilizado para a realização do sistema. A exploração desses dados, sendo a finalidade da implementação do sistema, está alinhada com o princípio da análise de dados temporais de um Data Warehouse.

Os dados hidrológicos das estações fluviométricas podem ser consultados no WebMap mostrado na Figura 2, onde as estações são representadas por pontos. Esta representação foi desenvolvida para ser familiar aos que utilizam o sistema considerando outros sistemas de informação que exibem dados hidrológicos em um WebMap.

Resultados e Discussão

Figura 2 – Consulta aos dados hidrológicos



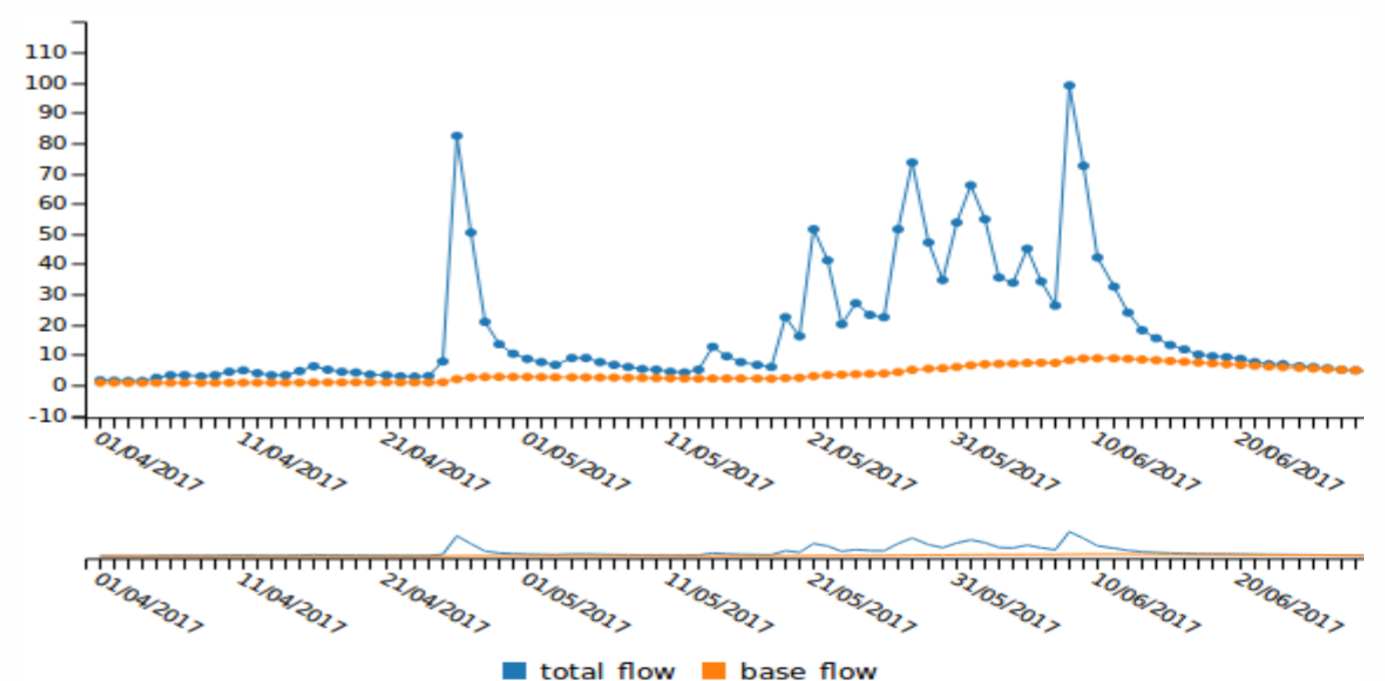
Após aplicação de um dos métodos para separação de escoamento disponíveis, o sistema fornece os resultados em uma tabela e é possível verificar, além da vazão medida (m^3/s), a vazão de escoamento estimada (m^3/s) e a recarga mensal (mm) para o período selecionado (Figura 3). Os resultados podem ser baixados como um arquivo de valores separados por vírgula (csv).

Figura 3 – vazão de escoamento estimada (m^3/s) e recarga mensal (mm)

Period analyzed	Total flow (m^3 / s)	Base flow (m^3 / s)	Months	Recharge (mm)
01/01/2017	8.65	4.325	January	17.2082
02/01/2017	6.89	4.188	February	8.0515
03/01/2017	9.51	4.0927	March	6.8924
04/01/2017	10.65	4.0175	April	8.9702
05/01/2017	16.8	4.0271	May	25.6117
06/01/2017	11.22	3.9627	June	56.301
07/01/2017	8.37	3.8643	July	19.2307

A geração de gráficos de linha e boxplot pode ser feita a partir da inserção do período desejado em séries históricas. O uso de gráficos para mostrar os resultados é uma maneira de explorar os dados dentro do banco de dados, como um meio de processamento analítico online (Figura 4).

Figura 4 – gráfico vazão de escoamento (azul) e vazão medida (laranja)



Conclusões

O desenvolvimento do sistema como um SIG proporciona ao usuário acesso simplificado e remoto aos dados hidrológicos de estações fluviométricas, servindo também como uma ferramenta útil para analisar os resultados da separação de fluxos, fornecendo suporte técnico para a tomada de decisão.

Referências Bibliográficas

- ARNOLD, J.G., ALLEN, P.M., MUTTIAH, R., AND BERNHARDT, G., Automated base flow separation and recession analysis techniques. **Ground Water**, v. 33, no. 6, p. 1,010-1,018., 1995.
- ARNOLD, J.G., ALLEN, P.M. Validation of automated methods for estimating baseflow and groundwater recharge from stream flow records. **Journal of the American Water Resources Association** 35, 411–424, 1999.
- CHAPMAN T. A comparison of algorithms for stream flow recession and base flow separation. **Hydrological Processes** 13: 701–714, 1999.
- CHOW, VEN TE. **Applied Hydrology**. NY: McGraw-Hill, 1988. 585 p.
- ECKHARDT, K. How to construct recursive filters for baseflow separation. **Hydrological Process**, v. 19, n. 2, p. 507–515, 2005.
- HEALY, R. W. **Estimating groundwater recharge**. Cambridge University Press, 2010. 245 p.
- LARMAN, Craig. Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objeto e ao desenvolvimento iterativo. Porto Alegre: Bookman, 2007, 3a ed.
- LIM, K.J., ENGEL, B.A., ZHENXU, TANG, CHOI, JOONGDAE, KIM, K.S., MUTHUKRISHNAN, SURESH, AND TRIPATHY, DIBYAJYOTI., Automated WEB GIS based hydrograph analysis tool, NATHAN, R.J., MCMAHON. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses: **Water Resources Research**, v. 26, no. 7, p. 1465–1473. , 1990.
- WINTER, T. C., HARVEY, J. W., FRANKE, O. L. AND ALLEY, W. M. **Ground water and surface water; a single resource**. US Geological Survey Circular 1139., 1998.
- WHAT: **Journal of the American Water Resources Association**, v. 41, no. 6, p. 1407–1416, 2005.

Apoio/Agradecimentos:

Brookfield Certel Ceran

HIDROTÉRMICA SA