

## DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DO AQUÍFERO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA, GO

LUIZ FERNANDO COUTINHO DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, MATHEUS COUTINHO FREITAS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>,  
ANA PAULA FIOREZE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, e-mail: coutinho@deg.ufla.br.

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras, e-mail: mcoutinho@engflorestal.ufla.br.

<sup>3</sup>ANA - Agência Nacional das Águas, e-mail: ana.fioreze@ana.gov.br.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo a estimativa do coeficiente do aquífero ( $\alpha$ ) por duas metodologias, permitindo assim obter o ramo da depleção das vazões em períodos sem precipitação, para a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. Para tal, empregaram-se as séries históricas de vazões disponíveis para a estação fluviométrica Fazenda Aliança, de 1969 a 2004. As metodologias empregadas foram: ajuste de  $\alpha$  pela minimização da soma dos quadrados dos desvios e com base nos três primeiros valores de vazão decrescente após o início do período de estiagem. Em ambas foi utilizada a média dos valores obtidos como o valor de  $\alpha$  para a bacia, construindo-se uma série simulada para avaliação do desempenho. Os valores de médios de  $\alpha$  ajustados pelas as duas metodologias foram de 0,009 e 0,012 com desvios padrões de 0,002 e 0,004, respectivamente. Sendo o desempenho de ambos os métodos similar e satisfatório, optou-se por empregar aquele que utiliza somente as três vazões iniciais para o ajuste do hidrograma no período de recessão, devido à simplicidade do método e pela facilidade de obtenção dos dados necessários à sua aplicação mesmo em bacias sem dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** hidrograma, recesso, estiagem.

### AQUIFER COEFFICIENT OF THE SANTA BARBARA RIVER WATERSHED, GO

**ABSTRACT:** This study aimed to estimate the coefficient of the aquifer ( $\alpha$ ) by two methods, thereby allowing the branch of streamflow depletion during periods without rainfall for the for the Ribeirão Santa Barbara watersehd, State of Goias. To do so, were employed in the streamflow time series available for the fluviometric station Farm Alliance, 1969-2004. The methodologies employed were: setting  $\alpha$  by minimizing the sum of squared deviations and based on the first three values of decreasing flow after the onset of drought. In both the mean values obtained as the value of  $\alpha$  for the basin was used, constructing a simulated series for performance evaluation. The average values of  $\alpha$  set by the two methods were 0.009 and 0.012 with standard deviations of 0.002 and 0.004, respectively. As the performance of both similar and satisfactory methods, we chose to employ the one that uses only the first three flows for adjusting the hydrograph during the recession, due to the simplicity of the method and the ease of obtaining the data needed for your application even in basins with no data.

**KEYWORDS:** hydrograph, recess, drought.

**INTRODUÇÃO:** A bacia do Ribeirão Santa Bárbara representa a situação mais frequente de análise pelo órgão gestor dos recursos hídricos em Goiás: pequena área, uso agrícola, diversos usuários de água para irrigação e captações para abastecimento público; e apresenta, ao contrário da maioria das outras bacias, a vantagem de contar com longas séries de precipitação e de vazão. Nas séries históricas de vazões médias diárias, os menores valores observados definem vazões mínimas, que ocorrem em períodos de pouca ou nenhuma precipitação pluvial. Representam os trechos do hidrograma que apresentam uma redução lenta do escoamento superficial na bacia hidrográfica, vazão esta, garantida pela contribuição subterrânea (Matos et al., 2013). O conhecimento das vazões de estiagens, numa

bacia hidrográfica, é importante na realização de estudos e projetos dos aproveitamentos dos recursos hídricos, como por exemplo, em abastecimento de água, geração de energia hidrelétrica, irrigação, dispersão de poluentes. A previsão de vazão em um sistema hídrico é uma das técnicas utilizadas para minimizar o impacto das incertezas do clima sobre o gerenciamento dos recursos hídricos é uma das técnicas utilizadas para minimizar o impacto das incertezas do clima podendo-se considerá-la um dos principais desafios relacionados ao conhecimento integrado da climatologia e hidrologia (Sousa et al., 2010). Por refletir as vazões de estiagem, o conhecimento do comportamento da curva de recessão das vazões em períodos sem precipitação constitui aspecto relevante na caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo de estimativa do ramo do hidrograma referente ao período de recessão do escoamento subterrâneo foi desenvolvido para a microbacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, localizada na região sul do estado de Goiás, pertencente à sub-bacia do Rio dos Bois que, por sua vez, pertence à bacia do Rio Paranaíba. Segundo Fioreze e Oliveira (2010) a bacia do Ribeirão Santa Bárbara está compreendida entre as coordenadas 17° 45' e 18° 15' de latitude Sul e 49° 36' e 50° 3' de longitude Oeste, com área de drenagem de 1371,16 km<sup>2</sup>, inserida nos municípios de Bom Jesus de Goiás, Goiatuba, Joviânia e Vicentinópolis. A nascente do Ribeirão Santa Bárbara, com extensão de 97 km, está localizada a 824 m e a seção de controle empregada neste estudo (estação fluviométrica da Fazenda Aliança) a uma altitude de 452 m. A bacia do Ribeirão Santa Bárbara possui elevação média de 637,21 m, declividade de 4,0 m km<sup>-1</sup>, densidade de drenagem de 0,6 km km<sup>-2</sup>, tempo de concentração de 9,8 h, fator de forma e coeficiente de compacidade de 0,46 e 1,53, respectivamente (Fioreze et al., 2010). Neste estudo se utilizou a série histórica das vazões diárias na estação fluviométrica Fazenda Aliança, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), compreendendo o período de observações de 1969 a 2004. Para o estudo dos ramos dos hidrogramas anuais referentes aos períodos de recessão dos escoamentos subterrâneos, foram identificados, inicialmente, os períodos de estiagem, caracterizando-se a contribuição somente do escoamento de base para a vazão do Ribeirão Santa Bárbara. Para cada hidrograma referente à recessão do escoamento subterrâneo empregou-se o modelo exponencial descrito por Silveira et al. (1998), conforme segue:  $Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$ , em que: Q = vazão em m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, referente ao tempo t em dias, decorrido após o tempo de início da recessão do escoamento subterrâneo t<sub>0</sub>; Q<sub>0</sub> = vazão em m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, referente ao início da recessão do escoamento subterrâneo e  $\alpha$  = coeficiente médio do aquífero em dia<sup>-1</sup>. O coeficiente  $\alpha$  que descreve a depleção das vazões em períodos de estiagem foi obtido de duas maneiras para cada ano para o qual havia séries de vazão e precipitação pluviométrica correspondente, ou seja: a) por meio do ajuste do modelo pelo método de minimização da soma dos quadrados dos desvios; b) pela obtenção do coeficiente  $\alpha$  para as 3 primeiras vazões do ramo de recessão das hidrógrafas anuais ( $\alpha = -\ln[Q/Q_0] \Delta t^{-1}$ ), e o valor de  $\alpha$  é, dado por  $\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2)/\Delta t$ . Em ambas foi utilizada a média dos valores obtidos como o valor de  $\alpha$  para a bacia, construindo-se uma série simulada para avaliação do desempenho do ajuste.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de  $\alpha$  obtidos do ajuste da equação exponencial de todo o ramo descendente da hidrógrafa para os anos com dados de vazão e precipitação na estação Fazenda Aliança, apresentaram pouca variação ao longo do tempo (Tabela 1). A média dos valores do coeficiente do aquífero obtidos dessa maneira é igual a 0,009, produzindo a seguinte expressão:  $Q = Q_0 e^{-0,009\Delta t}$ . O coeficiente  $\alpha$  médio obtido pela média dos valores calculados a partir das 3 primeiras vazões do ramo descendente da hidrógrafa ponderados pelo intervalo de tempo entre as observações foi de 0,012 (Tabela 1). Portanto, a equação obtida foi:  $Q = Q_0 e^{-0,012\Delta t}$ . As equações que descrevem a curva de depleção da vazão do Ribeirão Santa Bárbara foram utilizadas para simular os ramos de recessão dos hidrogramas anuais. Tanto para o primeiro quanto para o segundo método obtiveram bons ajustes entre os dados observados e simulados, conforme os anos de pior e melhor ajuste (Figura 2). A aderência dos modelos ajustados foi verificada pelo teste do  $\chi^2$ . Todos os ramos simulados por ambos os métodos foram considerados adequados com níveis de significância superiores a 90%. De maneira geral, o primeiro método de estimativa de  $\alpha$  apresentou a tendência de superestimar as vazões no período da estiagem, especialmente no final do período delimitado. Por outro lado, a segunda metodologia apresentou a tendência de subestimar os valores finais dos ramos descendentes da

hidrógrafa, o que é mais interessante por traçar um cenário mais pessimista de disponibilidade hídrica. Sendo o desempenho de ambos os métodos similar e satisfatório, optou-se por empregar aquele que utiliza somente as três vazões iniciais do período de recessão para obtenção da curva de permanência simulada e comparação desta com a observada (Figura 3). A opção foi feita pela simplicidade do método e pela facilidade de obtenção dos dados necessários à sua aplicação mesmo em bacias sem dados. Ao contrário do primeiro método, este depende unicamente da realização de três medições de vazão em período sem precipitação (Silveira et al., 1998) e não de uma série completa de vazões recessivas. A curva de permanência obtida com as vazões de recessão simuladas pelo método se sobrepõe quase perfeitamente à obtida com as vazões observadas na estação fluviométrica. No ramo inferior da curva, que compreende as vazões médias e mínimas, de interesse à gestão dos recursos hídricos, observa-se que a simulação estimou valores pouco superiores aos observados.

Tabela 1. Coeficiente do aquífero ajustado para as séries de vazões do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, empregando todas as vazões de recessão ( $\alpha'$ ) e as 3 primeiras vazões de recessão ( $\alpha''$ )

Ano	$\alpha'$	$\alpha''$
1972	0,009	0,018
1973	0,008	0,010
1974	0,009	0,009
1975	0,015	0,013
1976	0,011	0,014
1977	0,009	0,016
1978	0,009	0,022
1979	0,006	0,008
1980	0,009	0,010
1981	0,010	0,012
1982	0,007	0,014
1983	0,008	0,017
1984	0,008	0,007
1985	0,007	0,008
1986	0,011	0,010
1987	0,007	0,007
1988	0,006	0,006
1989	0,008	0,014
1990	0,015	0,011
1992	0,007	0,015
1993	0,008	0,009
1994	0,009	0,009
1995	0,010	0,019
1996	0,011	0,009
1997	0,009	0,015
1998	0,010	0,015
2003	0,007	0,012
Média	0,009	0,012
Desvio padrão	0,002	0,004

**CONCLUSÕES:** A equação da curva que descreve a recessão das vazões no período de estiagem pode ser obtida a partir dos três primeiros valores de vazões recessivas e simula satisfatoriamente o ramo descendente da hidrógrafa. O método pode ser empregado como indicativo das vazões de estiagem para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em bacias vizinhas sem dados, realizando-se as medições de vazão necessárias em cada uma delas.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPEMIG pelo apoio financeiro e ao CNPq pela concessão da bolsa.

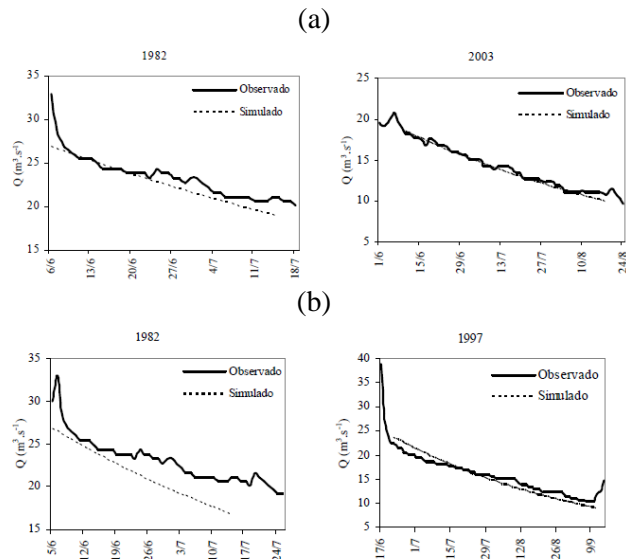


Figura 2. Ramo descendente da hidrógrafa do Ribeirão Santa Bárbara, para os anos de pior e melhor ajuste, respectivamente, (a) a partir do ramo completo de vazões descendentes ( $\alpha'$ ) e (b) a partir das 3 primeiras vazões descendentes ( $\alpha''$ ).

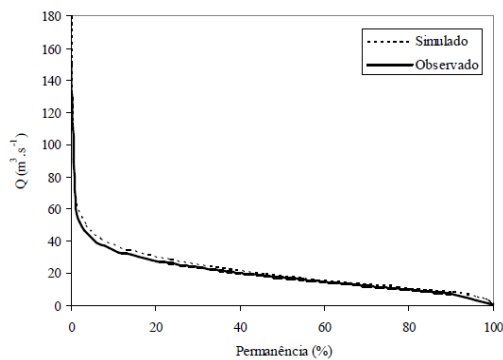


Figura 3. Curva de permanência das vazões observadas e simuladas com o índice  $\alpha''$  para a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás.

## REFERÊNCIAS

FIGUREZE, A.P.; OLIVEIRA, L.F.C.; FRANCO, A.P.B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v.3, n.2, p.68-82, 2008.

FIGUREZE, A.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, n.1, p.28-35, 2010.

MATOS, T.S.; TOSI, G.J.; KAVISKI, E. Interpolação de vazões mínimas de estiagens com splines cúbicas. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20, Bento Gonçalves, 2013. Anais...ABRH, 2013, CDrom.

SILVEIRA, G.L.; TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.3, p.111-131, 1998.

SOUSA, W.S.; SOUSA, F.A.S. Rede neural artificial aplicada à previsão de vazão da bacia hidrográfica do Rio Piancó. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.173-180, 2010.