

DETERMINAÇÃO E SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO DO ESCOAMENTO BASE NA SUB-BACIA PARAOPEBA, RIO RIBEIRÃO DA AJUDA, MEDIANTE OS MÉTODOS DE BARNES E DOS FILTROS DE ECKHARDT

SLY WONGCHUIG CORREA¹, CARLOS ROGÉRIO DE MELLO²

¹ Engenheiro Agrícola, Mestrante em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras, Fone: (35)9171-0530. E-mail: s.wongchuig@posgrad.ufla.br. Bolsista CNPq PEC-PG.

² Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras, Fone: (35)38291452, Email: crmello@deg.ufla.br, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1B.

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

RESUMO:

Neste trabalho se realizou o análise de dados de 34 anos das vazões média diária e precipitações totais diárias da sub-bacia Paraopeba no rio Ribeirão da Ajuda pertencente à bacia do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais, com a finalidade de separar o escoamento superficial direto do escoamento base a partir de dois métodos de separação, o Método de Barnes e o Método dos Filtros de Eckhardt.

Através do Método de Barnes se realizou a decomposição do hidrograma para o período de chuvas entre o 2002 e 2003 cuja média tem menor diferença com a média do total de dados históricos (1972-2005), obtendo-se um valor do coeficiente de recessão (α) de 0.0078. Finalmente se determinou pelo método dos filtros de Eckhardt, um parâmetro do filtro de Eckhardt (K) de 0.9597 e um Índice máximo de Vazão Base de 0.65, o qual se ajusta graficamente à distribuição do hidrograma histórico e que a caracteriza como uma bacia com um aquífero poroso de rios semi-perenes.

PALAVRAS-CHAVE: Separação do Escoamento, Barnes, Filtros de Eckhardt

DETERMINATION AND SEPARATION OF DIRECT RUNOFF FROM THE BASE FLOW IN THE PARAPEBA SUB-BASIN, RIBEIRÃO DA AJUDA RIVER, THROUGH THE METHODS OF BARNES AND ECKHARDT FILTERS.

ABSTRACT:

This paper accomplished the analysis of data from 34 years of daily average discharges and total daily precipitation of Paraopeba sub-basin, Ribeirão da Ajuda river belongs to the San Francisco River in Minas Gerais state, in order to separate the direct runoff from the base flow, using two separation methods, the Barnes method and the Eckhardt filters method.

By the Barnes method was carried decomposition of the hydrogram to the rainy season between 2002 and 2003 years, have an average smallest difference with the average of all historical data (1972-2005), obtaining a coefficient of recession (α) of 0.0078. Finally it was determined by the Eckhardt filters method, a Eckhardt's filter parameter (K) of 0.9597 and a maximum of Base Flow Index 0.65, which fits graphically the distribution of the historical hydrograph and characterizes it as a bowl with a porous aquifer of semi-perennial rivers.

KEYWORDS: Separation of Direct Runoff , Barnes method, Eckhardt filters method

INTRODUÇÃO:

A sub-bacia Paraopeba pertence à região de Minas Gerais, caracterizando-se por ter um regime de chuvas sazonais, sendo que no período de chuvas existe uma recarga das águas subterrâneas e porém na época de seca é quando as águas subterrâneas aportam ao escoamento base na chamada curva de recessão ou esgotamento; porém é necessário uma diferenciação dos seus componentes. A separação dos componentes de um hidrograma é aproximada e pode ser reduzida em diferenciar o escoamento superficial (Deflúvio), a precipitação numa determinada bacia, e a água subterrânea. Neste trabalho usou-se o método de Barnes que é um dos mais usados e exatos para separar os componentes de um hidrograma segundo Bach Plaza, J e col. (2008); este método está baseado na curva de recessão que é o tramo final do hidrograma, onde tem uma mudança de declive. Nesta zona do hidrograma os aportes são devido às águas subterrâneas, pelo que é importante já que estes estudos podem proporcionar informação sobre o comportamento dos aquíferos.

Além do método de Barnes foi aplicado para o total da série histórica (1972-2005) o método dos Filtros de Eckhardt que está baseado em dois parâmetros: O Índice máximo da vazão base e o Coeficiente de recessão. Segundo Vegas F. (2004), este método é usado para obter a vazão base média da bacia.

MATERIAIS E METODOS:

Os dados meteorológicos foram proporcionados pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e pela Agência Nacional de Águas (ANA). Foram usadas duas estações uma fluviométrica e pluviométrica, pertencentes à bacia do Ribeirão da Ajuda. A estação fluviométrica monitorou o fluxo das águas do rio Ribeirão da Ajuda que vai desde sua nascente aproximadamente em 900 m de altitude, próximo ao povoado Medeiros, até a ubicação da estação numa altitude de 705 m, perto do Município de Bambuí, pertencentes ao estado de Minas Gerais; a área de contribuição da bacia é de 244 km² a qual foi obtida diretamente da tabela da estação Fluviométrica. O estudo foi desenvolvido com dados de precipitação diária e de vazões médias diárias num período de 34 anos (1972 - 2005).

Nas Tabelas 1 e 2 apresentam-se informações das estações, pluviométrica e fluviométrica respectivamente.

TABELA 1

Estação Pluviométrica	
Código	2046007
Nome	Fazenda Ajudas
Bacia	Rio São Francisco (4)
Sub-bacia	Rio São Francisco, Paraopeba E (40)
Estado	Minas Gerais
Município	Bambuí
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-20° 6' 6"
Longitude	-46° 3' 18"
Altitude (m)	705

TABELA 2

Estação Fluviométrica	
Código	2046017
Nome	Fazenda Ajudas
Bacia	Rio São Francisco (4)
Sub-bacia	Rio São Francisco, Paraopeba E (40)
Estado	Minas Gerais
Município	Bambuí
Responsável	CEMIG
Operadora	CEMIG
Latitude	-20° 10' 0"
Longitude	-46° 25' 0"
Área (Km ²)	244

TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados de vazões e precipitações foram organizados numa frequência diária e consecutivos em sentido vertical, tendo como coeficiente de escoamento (relação entre a vazão média anual em mm e a média da precipitação total anual) o valor de 0.47.

TABELA 3. Vazão media anual e Precipitação total anual para a bacia Ribeirão da Ajuda (1972 - 2005).

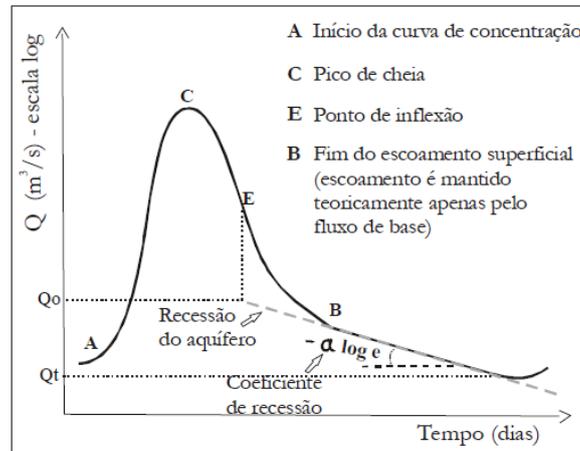
Vazão média anual (mm)	P média total anual (mm)
679.58	1452.14

METODOLOGIAS DE SEPARAÇÃO DE FLUXO BASE

MÉTODO DE BARNES

São vários métodos pelo quais é possível realizar a separação do fluxo base, sendo o Método de Barnes o mais recomendável pela literatura. O método de Barnes consiste num procedimento manual e porem é subjetivo. É usado quando se tem uma serie hidrológica extensa, e aplicadas em series representativas baseadas na vazão média. A curva de esgotamento ou recessão é ajustada a uma expressão do tipo:

$$Q = Q_0 \cdot e^{(-\alpha \cdot t)}$$



Fonte: Custodio & Llamas, 1976

É baseada na linearidade da recessão quando esta é analisada com as vazões em escala logarítmica.

No presente estudo, o primeiro passo foi calcular a vazão média da serie total de dados de vazões médias diárias (1972-2005) que é 5.26 m³/s, para logo determinar e analisar a serie anual cuja média de vazões é mais próximo à média de vazões da serie histórica de dados calculada. Esta serie é usada como representativa para a análise pelo Método de Barnes, que para a bacia estudada é o período de chuvas entre os anos 2002 e 2003.

MÉTODO DOS FILTROS DE ECKHARDT

Este método de separação não tem uma base física, embora nos ajuda obter valores aproximados aceitáveis. Está baseado em dois parâmetros, o Índice Máximo de Vazão Base (IG) e o parâmetro do filtro de Eckhardt

(K) e aplicado no caso de bacias com uma boa contribuição subterrânea; pelo que a vazão base em função da vazão total está expressa mediante a seguinte equação:

$$Qb_t = \frac{(1-IG) \cdot K \cdot Qb_{t-1} + (1-K) \cdot IG \cdot Q}{(1-K \cdot IG)}$$

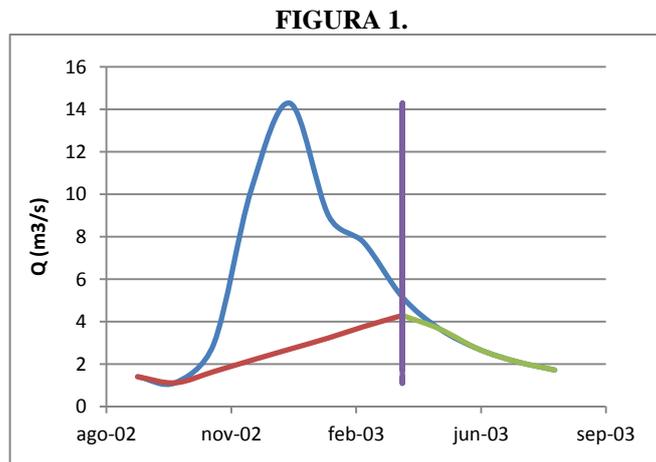
Para a separação da chuva pelo método de Eckhardt foi usado o total da serie histórica de vazões médias diárias (1972-2005).

Segundo Moraes M. a relação entre o coeficiente de recessão de Barnes (α) e o parâmetro do filtro de Eckhardt (K) é como segue:

$$e^{(-\alpha \cdot \Delta t)} = K$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Pelo Método de Barnes foi determinado o seguinte gráfico de separação das chuvas, tendo se a FIGURA 1 e a FIGURA 2 (em escala semi-logarítmica).



Obtendo-se graficamente da FIGURA 3 uma equação $Q = 4.39 \cdot e^{(-0.0078t)}$ pelo que o coeficiente de recessão (α) é 0.0078.

A relação entre o escoamento base calculada pelo Método de Barnes e o deflúvio é de 49%.

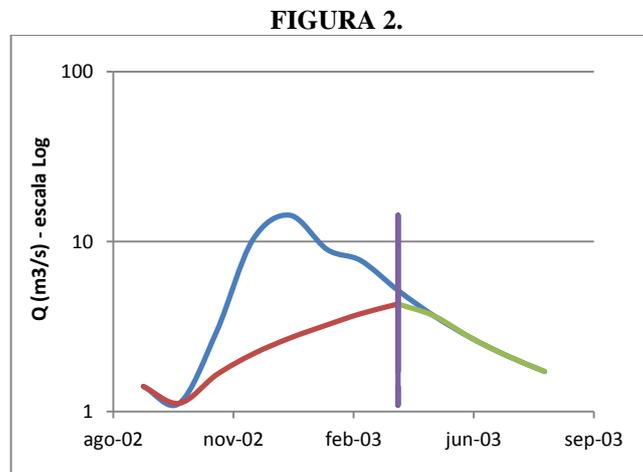
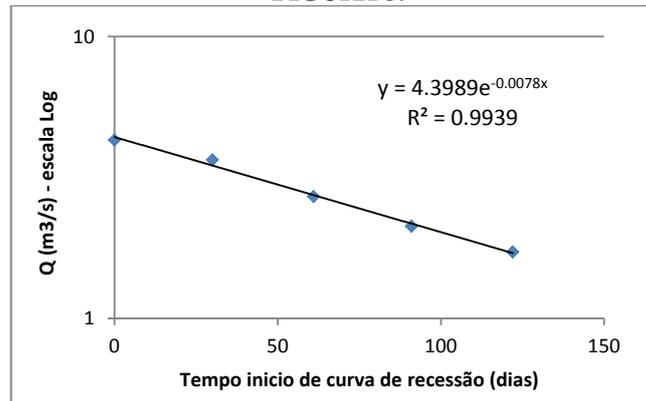
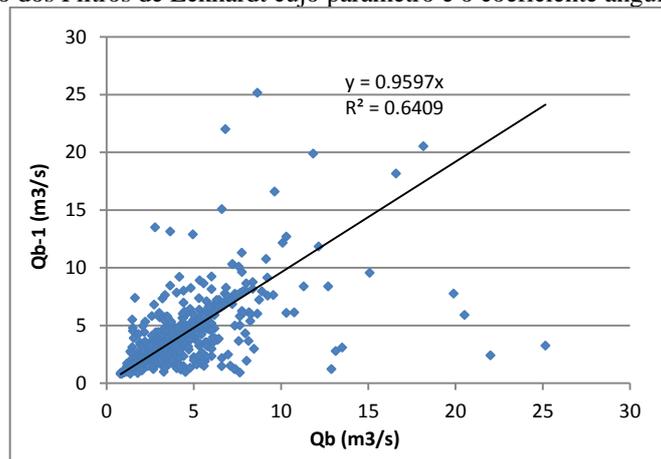


FIGURA 3.



Enquanto no Método dos Filtros de Eckhardt, iniciou-se o análise determinando o parâmetro do filtro de Eckhardt (K), que é apreciável na FIGURA 4 cujo valor é expressado como o coeficiente angular mediante a regressão linear entre a vazão média diária e a vazão média diária do dia anterior dos períodos de recessão das chuvas de cada ano (entre os meses de maio até setembro), obtendo-se um valor de 0.9597.

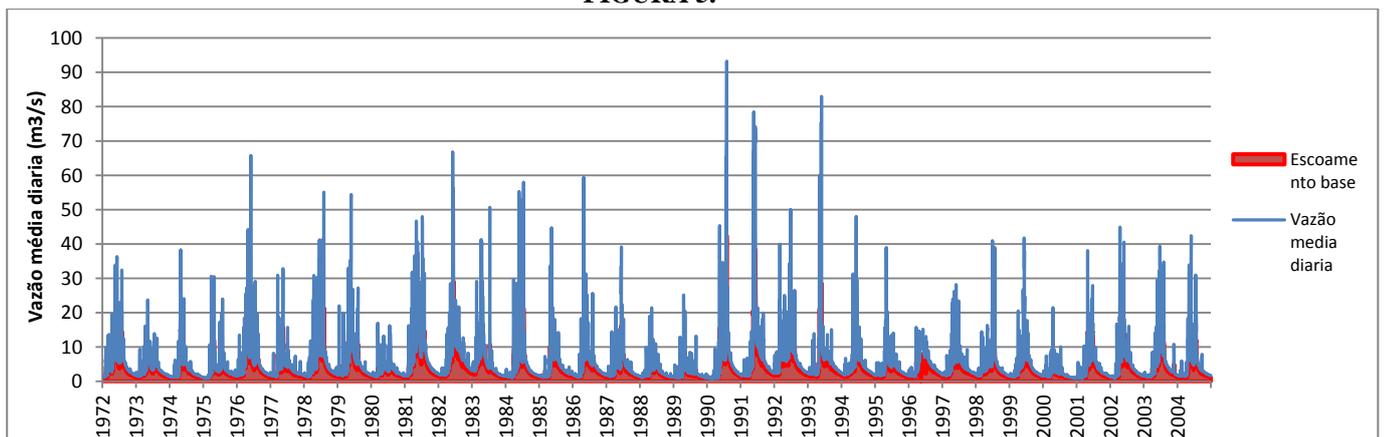
FIGURA 4. Método dos Filtros de Eckhardt cujo parâmetro é o coeficiente angular da regressão linear.



A FIGURA 5 apresenta a distribuição temporal da vazão média diária e o escoamento base estimado segundo o Método dos Filtros de Eckhardt. O Índice Máximo de Vazão Base (IG) foi adotado um valor de 0.65 até atingir uma representação gráfica do escoamento subterrâneo adequada ao hidrograma histórico.

A relação entre o escoamento base calculada pelos Filtros de Eckhardt e o deflúvio é de 65%.

FIGURA 5.



CONCLUSÕES:

- A relação entre escoamento base e o deflúvio é maior no Método de filtros de Eckhardt sendo de 65% em comparação com o Método de Barnes que é de 49%, pelo que é possível afirmar que no Método dos filtros o escoamento base tem um maior ajuste à forma do hidrograma.
- O valor do Índice Máximo de Vazão Base (IG) adotado no Método de Eckhardt foi de 0.65, que graficamente foi adequado para a bacia de estudo, caracteriza à mesma como uma bacia com um aquífero poroso de rios semi-perenes.

REFERÊNCIAS:

- ANA 2013. <http://hidroweb.ana.gov.br/>, Agencia Nacional de Aguas, HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas, Acessado em 2013.
- BACH PLAZA, J. & MAS-PLA J. 2008. "Los Recursos Hídricos en el Sistema Cuenca: Disponibilidad y Calidad". Documenta Universitaria. Girona-España.
- BARROSO DE ALMEIDA R. M., 1995, "Características Climatológicas do Regime de Chuva em Minas Gerais". Tese para Obtenção do Título de "Magister Scientiae". Viçosa Brasil.
- CUSTODIO GIMENA, E. & LLAMAS, M.R. 1976. "Hidrología Subterránea". Tomo I y II. Barcelona: Omega.
- ECKHARDT K. 2012, "Technical Note: Analytical sensitivity analysis of a two parameter recursive digital baseflow separation filter". University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Weidenbach, Germany.
- FERNANDA MARTINELLI C. 2005. "Análise por Métodos Hidrológicos e Hidroquímicos de Fatores Condicionantes do Potencial Hídricos de Bacias Hidrográficas – Estudo de Casos no Quadrilátero Ferrífero (MG)". Tese de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto.
- MORAES M. "Hidrologia Aplicada – Escoamento Base" Engenharia Civil, Universidade Católica de Goiás. Brasil.
- VEGAS F. Y ALVAREZ C. 2004. "Estimación de las propiedades hidráulicas del acuífero superficial en Cuencas Húmedas de montaña mediante el análisis de caudales de recesión". Estudios en la zona no Saturada del Suelo. Vol X. Santander – España.