

## 177- Incertezas e erros em modelos hidrológicos

### 177.1 Introdução

Como o assunto de modelos hidrológicos é meio confuso, vamos explicar com base em Hayes, et al 1994 e experiência pessoal.

**Dica: Mishra, 2009 cita: Plínio, o velho dizia: A única certeza é a incerteza.**

A tendência moderna é de se avaliar as incertezas, oferecendo um intervalo largo nas vazões de pico e o melhor projeto de decisão é aquele em que o projetista tem conhecimento das incertezas existentes conforme Mishra, 2009.

Não devemos esquecer as técnicas de análise de sensibilidade, onde através de variação de alguns parâmetros avaliamos um novo resultado.

O método da análise de sensibilidade, contudo, apesar de algumas vantagens possui suas desvantagens e deve ser aplicado juntamente com as análise de incertezas.

**Dica: a análise de incerteza e sensibilidade deve ser rotina a ser incorporada na análise hidrológica, conforme Mishra, 2009.**

### 177.2 Incerteza nos modelos e nos parâmetros

Os modelos hidrológicos, como por exemplo, o método Racional  $Q=C.IA/360$  apresenta incertezas e erros nas medidas.

Incerteza

- a) Incerteza no modelo.
- b) Incerteza nos parâmetros do modelo.

A primeira incerteza é próprio modelo, pois, não existe um modelo perfeito.

A segunda incerteza no modelo são os parâmetros. Assim o Método Racional apresenta várias incertezas no coeficiente de runoff C, na intensidade da chuva I em mm/h e na área A da bacia.

A estimativa que tenho da vazão de pico do Método Racional é que há um erro de 19%, pois, temos aproximadamente 7% de erros na determinação do coeficiente de runoff “C”, 17% na determinação da Intensidade de chuva “I” e 5% na determinação da área “A” da bacia.

**177.2 Erros nas medidas**

Quando fazemos uma medida cometemos dois tipos de erros:

- a) Erros sistemáticos.
- b) Erros randômicos.

Os erros sistemáticos são introduzidos pelos instrumentos utilizados para as medidas. Assim um erro nas precipitações é introduzido quando na área com certa quantidade de Km<sup>2</sup> tem um número insuficiente de pluviômetros. Quanto mais pluviômetros numa mesma área, menor serão os erros sistemáticos. Stephenson mostrou que em uma área com 340 Km<sup>2</sup> com dois pluviômetros, o erro sistemático é de 18%.

Outros erros sistemáticos estão na calibração dos instrumentos usados na medição.

Os erros randômicos são cometidos na leitura, por exemplo, da altura de água medida em um pluviômetro. Eles ficam em torno de uma variação positiva e negativa.

**177.3 Erros em porcentagem das medias das chuvas em determinadas áreas com certo número N de estações.**

David Stephenson in Saeid Eslamian, 2014- Handbook of Engineering Hydrology apresentou:

$$E = (7,7 A^{0,3}) / n^{0,48}$$

Sendo:

E= erro em porcentagem nas precipitações (%)

A= área da bacia (Km<sup>2</sup>)

N= número de estações na bacia

Exemplo: Guarulhos

A= 340 Km<sup>2</sup>

N=2

$$E = (7,7 \times 340^{0,3}) / 2^{0,48}$$

$$E = 18\%$$

Região Metropolitana de São Paulo

A= 7946 Km<sup>2</sup>

N=32

$$E = (7,7 \times 7946^{0,3}) / 32^{0,48}$$

$$E = 9\%$$

### 177.3 Erros em medição de vertedores

Stephenson apresentou maneira de se achar erros em vertedores. O objetivo é se usar a largura adequada para se ter menos erros.

A formula usual de um vertedor é

$$Q = K w \cdot y^{3/2}$$

Sendo:

Q= vazão em m<sup>3</sup>/s que passa pelo vertedor

K= coeficiente do vertedor. Para São Paulo usamos K= 1,55

w= largura do vertedor (m)

y= altura da agua no vertedor (m)

$$Q = K w \cdot y^{3/2}$$

Adotando K=2

$$Q = 2 w \cdot y^{3/2}$$

Tirando-se o valor de y teremos:

$$y = (Q/2w)^{2/3}$$

Derivando Q em relação a y teremos:

$$dQ/dy = 2w(3/2) y^{(3/2-1)} = 3wy^{1/2}$$

substituindo o valor de y teremos:

$$dQ/dy = 3w(Q/2w)^{(1/3)}$$

$$dQ/dy = 3 \cdot w^{2/3} (Q/2)^{(1/3)}$$

Isolando w teremos:

$$w = [dQ / (3dy Q^{1/3} / 2^{1/3})]^{3/2}$$

Mas:

dQ= 0,1 m<sup>3</sup>/s que é a precisão que queremos

dy =0,01m que é a precisão que temos na medida da largura do vertedor

Q= 1 m<sup>3</sup>/s

$$w = [dQ / (3dy Q^{1/3} / 2^{1/3})]^{3/2}$$

$$w = [0,1 / (3 \times 0,01 \times 1^{1/3} / 2^{1/3})]^{3/2}$$

$$w = 8,6m$$

Portanto, para medirmos 1 m<sup>3</sup>/s com precisão de 0,1 m<sup>3</sup>/s precisamos de um vertedor com largura mínima de 8,6m

$$y = (Q/2w)^{2/3}$$

$$y = (1/(2 \times 8,6))^{2/3}$$

$$y = 0,15m$$

#### 177.4 Bibliografia e livros consultados

- CHOW, VEN TE et al, 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill.
- ELSAIED A. ELSAYED, 1996, *Reliability Engineering*, Addison Wesley Longman;
- FREEDMAN, DAVID et al. *Statitiscs*. 3a ed. Norton, New York, 1998, 578páginas.
- HAYES, J.C. *Design hydrology and sedimentology for small catchements*. Editora Academic Press, 588 páginas, 1994, ISBN 13: 978-0-12-312340-4, USA.
- HOFFMANN, RODOLFO e, VIEIRA, SÔNIA 1983, *Análise de Regressão- Uma Introdução à Econometria*, Editora Hicitec-SP.
- K.C. KAPUR e L.R. LAMBERSON, 1977, *Reliability in Engineering Design*, John Wiley & Sons;
- MAYS, LARRY W. e TUNG ,YEOU-KOUNG, *Hydrosystems Engineering & Management*,1992, McGraw-Hill;
- MISHRA, SRIKANTA. *Uncertainly and sensivity analysis techniques for hydrologic modeling*. *Jornal of Hydroinformatics* da IWA de 2009. 15 páginas.
- TUNG, YEOU-KOUNG, YEN BEN-CHIE E MELCHING, CHARLES STEVEN. *Hydrosystems engineering reliability Assessment and Risk Analysis*, Editora McGraw-Hill, ano 2006, ISBN 0-07-14518-7, 495 páginas.
- TUNG, YEOU-KOUNG, YEN BEN-CHIE E MELCHING. *Hydrosystems engineering umcertainly Assessment and Risk Analysis*, Editora McGraw-Hill, ano 2005, ISBN 0-07-145159-5, 273 páginas.