

AVALIAÇÃO DO TRAÇADO E EXTRAPOLAÇÃO DE CURVA-CHAVE DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA 50465000

Thiago Dias Marques⁽¹⁾

Mestrando em Recursos hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, tdmarquesx@hotmail.com

Andrea Sousa Fontes 2

Professora Adjunto, Universidade Federal do Recôncavo, andreafontes@ufrb.edu.br

RESUMO

A bacia do rio Itapicuru-Ba vem sofrendo pressões no atendimento às demandas, necessitando de informações consistentes de vazão para fornecer subsídios para uma gestão eficiente. Entretanto, os dados disponíveis estão consistidos até 2005. Considerando esse cenário, o presente trabalho objetivou avaliar a curva de calibragem do posto fluviométricos 50465000 localizados no curso principal da bacia hidrográfica do rio Itapicuru, estimando vazões para o período de 2006 a 2015 e avaliando a consistência dos dados disponíveis. As análises realizadas evidenciaram a necessidade de proposição de curva-chave por período e por faixa de cota para o posto fluviométrico. A partir da divisão de períodos e faixas de cotas foi realizado o traçado e a extrapolação da parte superior da curva-chave gerando uma série histórica a vazão. A consistência dos dados gerados pela curva de calibragem proposta demonstra uma boa estimativa, vale ressaltar, existe a necessidade de extrapolação para a parte inferior da curva-chave para estimativas de vazões de mínimas.

PALAVRAS-CHAVE: Curva-chave, Rio de semiárido, Consistência de dados

INTRODUÇÃO

No cenário atual podemos observar que existe um aumento populacional e uma expansão da agricultura e conseqüentemente um aumento da demanda sobre os recursos hídricos o que aumenta a pressão sobre os mesmos. A partir deste cenário pode-se concluir que as interferências causadas pelo ser humano estão provocando uma alteração nos sistemas fluviais e no comportamento dos rios. Para que se consiga atender de modo eficaz e definir a quantidade que pode ser utilizada no atendimento das demandas existente, há necessidade de se conhecer a vazão do rio.

A medição de vazão pode ser realizada utilizando-se diferentes métodos. Pode-se proceder a medição de forma direta, com método do molinete, volumétrico e a partir de estruturas hidráulicas, assim como pode-se proceder por métodos indiretos, que utilizam estimativas para definir os valores de vazão (SEFIONE, 2002)

Os métodos diretos têm uma logística complexa e custos elevados o que torna o processo impossível de ser realizado diariamente o que não ocorre com as medições indiretas, nas quais a vazão é determinada pela nível d'água(cota) do rio e utilização de uma equação matemática que relacione cota - vazão, conhecida como curva-chave da seção transversal do rio. Essa relação é obtida a partir de campanhas de campo realizadas periodicamente para medição das variáveis hidráulicas da seção (perfil transversal, área molhada, velocidade, etc.) e calibração da curva-chave da seção (RODRIGUES, 2014).

Uma das dificuldades na gestão de recursos hídricos é a indisponibilidade de dados consistentes de vazão dos mananciais dificultando uma gestão eficiente das águas. Esse cenário merece ainda mais atenção para rios de região semiárida que apresentam características específicas quanto a dinâmica de alteração do perfil transversal dada a

ocorrência de períodos de vazões nulas seguido de vazões em respostas a chuvas concentradas em determinado período do ano levando a necessidade de revisões periódicas na curva-chave da seção transversal do rio para se estabelecer consistentes da disponibilidade hídrica local.

Localizado na região semiárida do estado da Bahia, o rio Itapicuru vem sofrendo pressões no atendimento as demandas da região, que foram intensificado no período de seca intensa que ocorreu entre 2012 e 2013, que levou a construção de uma adutora retirando água do reservatório de pedras altas para auxiliar no atendimento as demandas hídricas em bacias vizinhas. Nesse cenário vale destacar, que os estudos de disponibilidade hídricas devem ser consistentes de forma a fornecer subsídio para uma gestão e planejamento dos recursos hídricos eficientes. Entretanto, os dados disponíveis na Agência Nacional de Águas – ANA Contempla dados consistidos até 2005. Com a finalidade de contribuir com as informações existentes e ampliar a avaliação do comportamento hidrológico do rio Itapicuru para melhor gestão de suas águas, o presente trabalho busca avaliar os traçados e extrapolação das curva-chaves para estimativa de vazão existente neste manancial. (RODRIGUES, 2014)

Objetivos do Trabalho

- Avaliação do traçado e extrapolação da curva-chave para estimativa da vazão de rio de semiárido

Objetivos específicos

- Seleção dos métodos para traçado e extrapolação da curva-chave da estação 50465000.
- Construção da curva-chave para estação 50465000 para diferentes períodos.
- Avaliação qualitativa dos erros e incertezas na estimativa de vazão do rio Itapicuru.

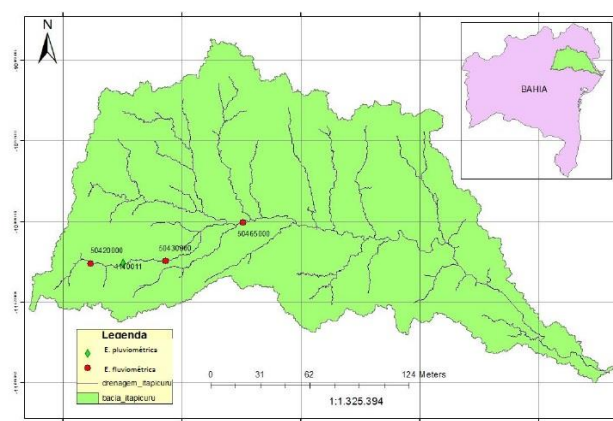
Materiais e Métodos

A metodologia adotada para avaliar a curva-chave das Estação Fluviométrica 50465000 consistiu em cinco etapas: (a) caracterização da área; (b) levantamento dos dados; (c) Análise da consistência dos dados (d) elaboração do traçado e extrapolação da curva-chave (e) Comparação entre a série de vazão de gerada e a série de vazão da ANA.

A caracterização da bacia hidrográfica do rio Itapicuru-BA que está localizado no estado da Bahia e possui uma área de drenagem 42.901 km² o que corresponde a 6,51% da área total da Bahia e sua localização é entre as coordenadas 10° 00' e 12° 00' de latitude Sul e 37° 30' e 40° 45' de longitude Oeste. Além disto, está bacia abrange 54 municípios e tem uma população de 1.071.963 habitantes o que torna esta área relevante economicamente (BAHIA, 2012).

O rio Itapicuru possui sua nascente ao norte da cidade de Senhor do Bonfim, nas serras da Tiririca e do Ango, onde recebe o nome de Itapicuru-Açu. Esse nome se mantém até a confluência com o rio Itapicuru-Mirim, que possui sua nascente no Município de Miguel Calmon, então o rio passa a se chamar Itapicuru. O seu leito principal possui uma extensão de aproximadamente 350 Km até desaguar no oceano Atlântico no litoral norte da Bahia no município de Conde. Este rio recebe contribuição de diversos outros afluentes, os principais são rio Peixe e o rio Jacurici (BAHIA, 2004). A figura 1 mostra a localização da bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Ba e da estação fluviométrica 50465000.

Figura 1 – Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru – Localização da área de estudo



Em seguida foi realizado o levantamento dos dados necessários para o traçado da curva-chave para as estações selecionadas, cota observada (cotas medidas diariamente), cota medida (cotas medidas quando há campanhas de medição de vazão), vazão observada (vazão calculada utilizando a cota observada), vazão medida (vazão medida em campanhas de medição), perfil da seção transversal (perfil da calha do rio medido durante as campanhas de medição) e outros dados eventualmente necessários. Esses dados são disponibilizados no site da ANA, através do banco de dados, Hidroweb.

Na etapa de consistência dos dados disponíveis para a estação fluviométrica 50465000 foi utilizado o hidrograma com a soma as vazões dos postos 50430000 e 50380000 com a estação 50465000. Como a estação 50465000 está localizada depois da confluência dos rios Itapicuru-Mirim e o Itapicuru-Açu, a vazão da mesma deve ser maior que a soma das estações 50430000 localizada no Itapicuru-Mirim e 50380000 localizada no Itapicuru-Açu.

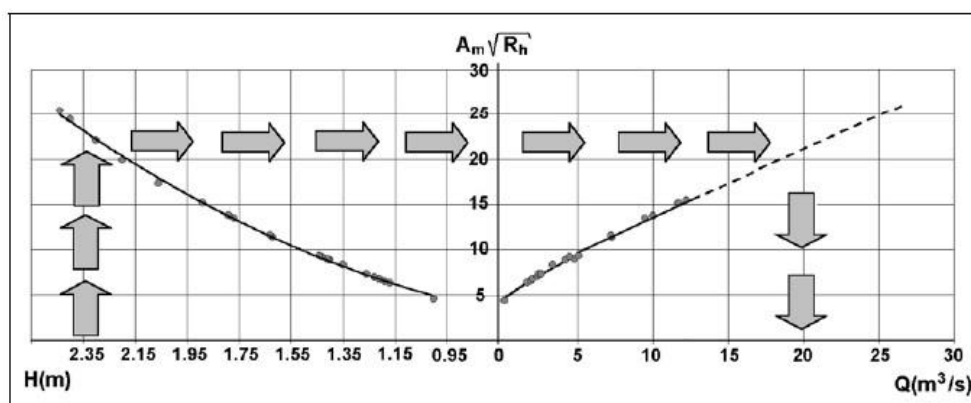
De posse de séries históricas foi determinada a curva-chave buscando-se ajustar os pares de valores cota (h) x vazão (Q) a uma equação do tipo potencial, de acordo com a Equação 1.

$$Q=a(h-h_0)^b \quad (1)$$

Na qual a e b são constante, h é a cota referente a vazão e h_0 é a cota referente a vazão nula. A equação de potência tem um embasamento hidráulico de canais, pois é baseada na ideia do expoente hidráulico de Bakmeteff. (Santos, 2001).

A extrapolação da parte alta da curva-chave foi realizada pelo método de Stevens que é baseado na fórmula de Chezy, $Q=CA\sqrt{Ri}$, equação (2), na qual Q é a Vazão, A é a Área da seção transversal, R é o Raio Hidráulico, i –é a Declividade e C é o Coeficiente dimensional. Como $C\sqrt{i}$ é constante a vazão fica em função de $A\sqrt{R}$ que é características geométricas da seção transversal e pode ser obtido através de um levantamento topobatimétrico. Para aplicação deste método é necessário a construção de um gráfico cota x $A\sqrt{R}$ que devem seguir uma parábola e um outro gráfico Q x $A\sqrt{R}$ esses pontos devem seguir uma reta. Gerando uma equação do tipo $A_m\sqrt{R_n}h = a*Q+B$. A figura 2 mostra graficamente o método de Stevens. Vale ressaltar, que para extrapolação Stevens foram utilizados apenas as três maiores vazões do resumo de descarga. Pois, ao utilizar os pontos mais baixos a curva-chave poderia tender para os valores mais baixos influenciando na extrapolação.

Figura 2 - Gráfico do Método de Extrapolação de Stevens



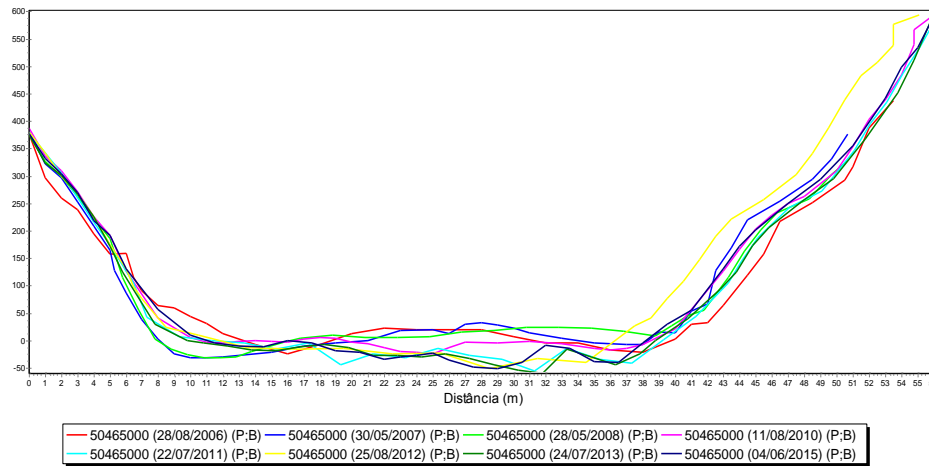
Definidas as equações para o posto fluviométrico 50465000 foi realizada comparação entre as séries de vazões calculadas e os valores disponíveis no banco de dados da ANA para o período anterior a 2005 para avaliação da série de vazão proposta. De posse dessa análise foi realizado o cálculo de vazão para o período posterior 2005 que só existe disponível dados brutos de vazão.

Resultados e Discussão

A estação fluviométrica 50465000 está localizada no rio Itapicuru na cidade de Queimadas após a confluência dos rios Itapicuru-Mirim e Itapicuru-Açu e sua operação é realizada pela CPRM. Essa seção do rio tem uma área de drenagem de 11825km². E apresenta um perfil transversal bastante estável como pode-se observar na figura 3

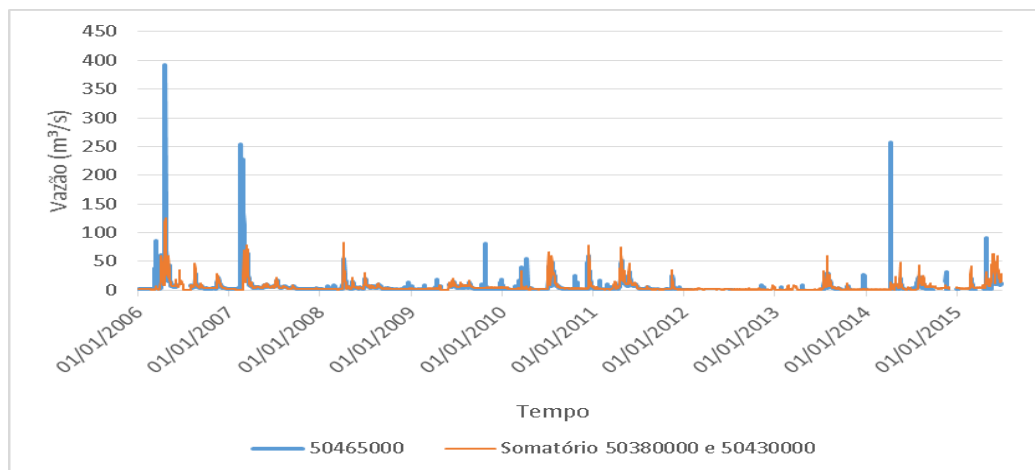
entretanto, existe alterações significativas no fundo do canal afetando a utilização da mesma curva-chave para todos os períodos.

Figura 3 - Perfil Transversal Estação 50465000



Pode ser observado na figura 4 que em uma parte significativa do tempo as vazões somadas das estações 50380000 e 50430000 são maiores que na estação 50465000 indicando uma consistência nos dados. Houve uma verificação de alguns períodos com valores duvidosos. Pois, os mesmos tinham uma variação brusca de variação de vazão em apenas um dia como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Hidrograma das estações 50465000 e o somatório das estações 50380000 e 50430000



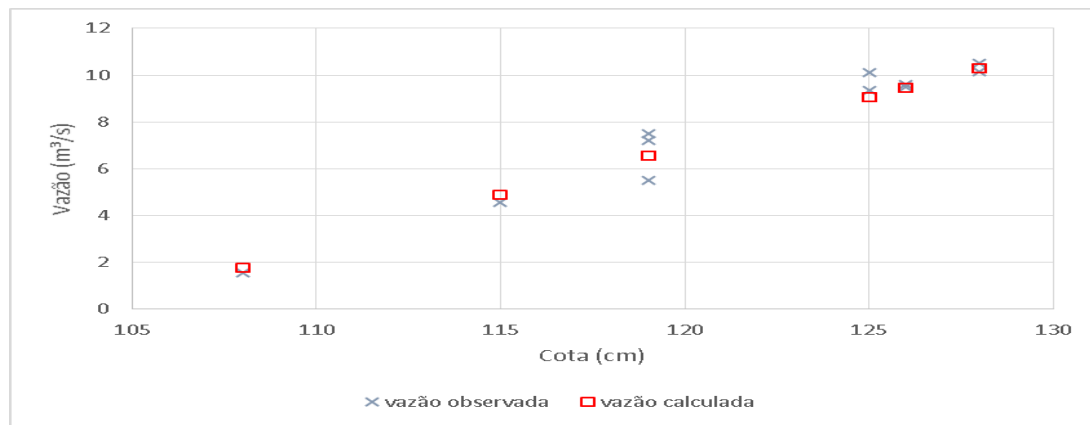
A Tabela 1 apresenta a curvas-chave propostas por período para estação avaliada, as curvas-chave da estação 50465000 estão aceitáveis para o desvio relativo médio que estão variando entre -10 e 10 conforme indicado pela CPRM. Em relação ao valor do parâmetro b observa-se que com a exceção do período 2006- 2015 os valores estão próximo 5/3 ou entre 2 e 3 como proposto pela CPRM o que indica um bom ajuste para estes períodos.

Tabela 1 - Curvas-Chave Propostas por Período para a Estação 50465000 para os Anos de 1989 a 2015

50465000		Função Potencial					
Período	Cota (cm)	N	a	b	h ₀	Desvio relativo médio	Desvio Padrão
1989-1993	54-127	13	0.000123	2.724643	31	-1.3249	10.15
1994-2005	12-233	46	0.143732	1.278516	98	-1.2893	19.62
2006-2015	108-128	11	0.537314	0.933721	104.4	-0.4446	2.69

A figura 5 mostra os valores das vazões observadas e as vazões calculadas para estação 50465000 para o período 2006-2015. Observa-se que nos dados obtidos em campo pela ANA tem um desvio padrão baixo facilitando o ajuste da curva de calibragem e obtendo um valor do desvio relativo médio aceitável para este período.

Figura 5 - Vazões Calculadas e Observadas no Período:2006-2015 para Estação 50465000



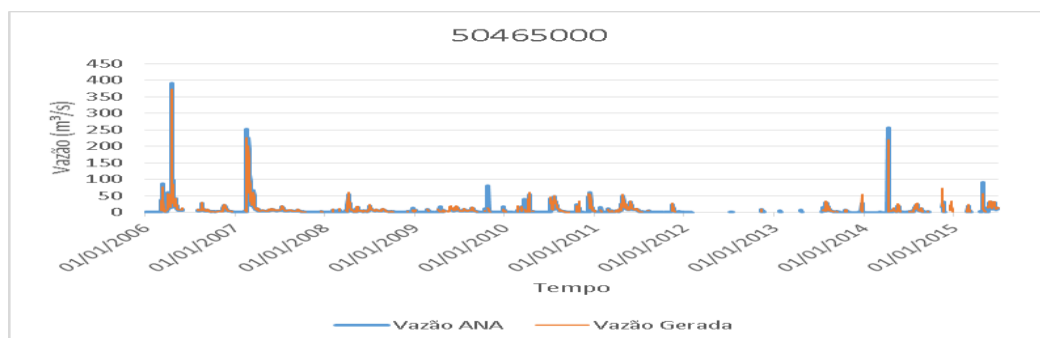
A tabela 2 apresenta os parâmetros a e b por período para extrapolação de Stevens na estação fluviométrica 50465000. Além disto mostra o valor de R² para reta de extrapolação. Vale ressaltar, que não existe valores medidos para eventos extremos de cheia, impossibilitando a análise dos erros para as vazões calculadas.

Tabela 2 - Extrapolação pelo Método de Stevens Proposta para a Estação 50465000

Extrapolação Stevens - 50465000				
Período	N	A	B	R ²
1989-1993	7	0.7723	0.7723	0.9674
1994-2005	28	3.6264	208.27	0.9272
2006-2015	8	0.8518	14.537	0.3635

A Figuras 6 apresenta uma comparação entre a vazão estimada proposta com a série gerada e a série histórica disponível no banco de dados da ANA para estação fluviométrica 50465000. Pode-se verificar que existe diversos período de falhas principalmente nos anos de 2012 e 2013 que foi um período de seca e houve uma quantidade significativa de cotas mínimas (cotas abaixo da faixa de ajuste) que não houve extrapolação da parte inferior da curva-chave. Sendo indicado para esta estação uma extrapolação inferior da curva-chave

Figura 6 - Comparação entre a série gerada e a série disponível no Hidroweb para o posto 50465000



Conclusão

Analisando os dados de vazão disponíveis para a estação 50465000, conclui-se que o estudo da consistência dos dados disponíveis possibilita um melhor conhecimento da qualidade dos dados disponíveis e da dificuldade em representar o comportamento de rios do semiárido com alterações ao longo do tempo da calha do rio. Percebendo-se a necessidade de definição de curva-chave por período e por faixa de cota, resultado dessa instabilidade da calha do rio, o que dificulta a estimativa da vazão e exige revisão periódica dessa ferramenta.

Uma constatação importante é a presença de dados duvidosos nas séries histórica da ANA, sendo sugerido avaliações mais precisas das mesmas.

A consistência entre os dados sugere uma boa estimativa das séries de vazões pelas curvas-chave proposta. Entretanto, existe a necessidade de extrapolação da parte inferior da curva-chave para estimar vazões em cotas mínimas.

Não existe a possibilidade de verificação dos erros nas extrapolações aumentando o grau de incerteza, reforçando a necessidade de medições de eventos extremos de cheia com a finalidade de verificação se as estimativas geradas pelo método está próximo a vazão real do rio.

Os resultados apresentados podem fornecer informação contribuindo para estudos hidrológicos e de gestão e planejamento dos recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru. Assim como subsidiar definições de vazões de referência, necessárias para implantação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como enquadramento, outorga e o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). In: Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 10 Jan. 2015.
- BAHIA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia - PERH. Relatório síntese, Rel. Téc., Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, Salvador-Bahia. 2004;
- JACCON, G.; CUDO, K.J. (1989). Curva-chave: análise e traçado, Brasília, DNAEE.
- RODRIGUES, N. C.; MARQUES, T. D.; SOUSA A. S. Estudo De Curva-Chave Para Definição De Vazão Do Rio Itapicuru-Mirim (BA). In Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal – Rio Grande do Norte, 04 a 07 de novembro de 2014.
- SEFIONE, A. L. (2002). Estudo Comparativo de Métodos de Extrapolação Superior de Curvas-Chave. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- TUCCI, M. C. E. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 4ª Edição, 2007
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F.C. Hidrometria Aplicada. Curitiba - Pr: Lactec, 2001.