

Exemplo de gráfico de descargas diárias

Gerenciar as cheias

Mnemônico: Posto: Quez Boitiek em Boitiek
Sensor: 1382699833 -9 Ano de início: 1966 Mês de início: 8

Início da cheia: 09/08/1966 às 08:00	Descarga inicial:	0.854 m³/s
Fim da cheia: 12/08/1966 às 08:00	Descarga final:	1.786 m³/s
Pico da cheia: 09/08/1966 às 18:00	Desc.máxima escoada:	41.935 m³/s
	Desc.máxima superficial:	48.935 m³/s
Tempo de subida: 600 min. ou seja 0 Jo 10 H 0 mn		
Tempo de base: 3840 min. ou seja 2 Jo 16 H 0 mn		
Defluvio total: 3222 milhares de m³		
Defl.esc. superficial: 2318 milhares de m³		
Defluvio residual: 384 milhares de m³		
Área de drenagem: 52 km²		
Altura defluvio total: 61.97 mm		
Altura defl.superficial: 56.12 mm		
Descarga específica: 886.45 l/s/km² ou seja 2.9 mm/h		

Exemplo de características de enchente

AJUSTE DA CURVA DE DESCARGA COM BASE EM SIMULAÇÃO : RIO DONATO
RATING CURVE FITTING THROUGH SIMULATION : DONATO RIVER

por

OLAVO C. PEDROLLO
professor assistente
Instituto de Pesquisas Hidráulicas -UFRGS
Caixa Postal, 15029 -CEP 91501-970 PORTO ALEGRE- RS

CARLOS E. M. TUCCI
professor titular
Instituto de Pesquisas Hidráulicas -UFRGS

PIERRE CHEVALLIER
Hidrologo - Diretor de Pesquisas (ORSTOM)
Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM
B.P. 5045 -34032 MONTPELLIER - Cedex 1 - FRANÇA

RESUMO— A qualidade dos dados básicos é a base dos estudos em Hidrologia. As dificuldades normais neste campo levam a incertezas significativas, principalmente em pequenas bacias onde o leito tende a ser móvel. O tradicional ajuste de uma curva de descarga é elaborado neste estudo complementado pelo uso de um modelo matemático e verificada de eventos observados.

A bacia do rio Donato, tributário do rio Potiribu tem uma área de drenagem de 1,1 km². A seção de medição sofria frequentes modificações devido a sua instabilidade. A mesma foi fixada, existindo medições de vazões dos dois períodos que não permitiam estabelecer a curva de descarga. Com base na simulação das condições das diferentes medições foram ajustadas as curvas de descarga e verificadas com base em eventos registrados.

ABSTRACT— The quality of basic data is the foundation of Hydrology studies. The difficulties which usually occur in this field lead to significant uncertainties, especially in small basins where the bed tends to be mobile. The traditional fitting of a rating curve is prepared in this study and complemented by using a mathematical model and verified through recorded events.

The watershed of Donato River, a tributary of Potiribu River has a drainage area of 1,1 km². The measure section underwent frequent modifications, due to instability. It was fixed, but flow measures of two periods were not sufficient to establish a rating curve. Based on the simulation of conditions at different measures the rating curves were fitted and verified.



INTRODUÇÃO

O escoamento na maioria dos rios é gradualmente variado. A curva de descarga, em geral, é uma relação bitnívoca entre a vazão e a cota, desprezando-se os efeitos de pressão e inércia do escoamento. A vazão gerada depende fundamentalmente da qualidade desta curva nas suas diferentes faixas. Normalmente o ajuste de uma curva é um processo tedioso, mas que exige um razoável conhecimento do comportamento hidráulico, do local, da qualidade das medições e das modificações do leito.

As incertezas muitas vezes fazem com que o hidrólogo deixe de estabelecer uma curva de descarga por falta de medições, inconsistências ou falta de homogeneidade devido a modificação do leito. Este último caso requer um número muito maior de medições para estabelecer a curva. Em bacias pequenas este problema é ainda mais sério, já que a cada enchente a seção se modifica e as vazões baixas apresentam grandes inconsistências somado ao problema da rapidez do processo que dificulta as medições no tempo devido. Para resolver este problema é necessário fixar a seção.

Neste estudo é apresentado o procedimento de ajuste tradicional da curva de descarga para uma seção de rio de uma pequena bacia que sofreu alterações de leito. Adicionalmente é utilizado um modelo hidráulico para melhor estabelecer os trechos da curva nos diferentes períodos estabelecendo séries de vazões com base em níveis antes desprezados.

Nenhuma técnica matemática ou estatística pode substituir dados de boa qualidade, mas podem explorar melhor os dados disponíveis para reduzir as incertezas das variáveis hidrológicas.

BACIA DO RIO DONATO

O rio Donato é tributário do rio Poritibu, afluente do rio Ijuí que por sua vez escoam para o rio Uruguai. A bacia tem área de apenas 1,1 km², com desnível máximo de 76 m, representando uma encosta ou cabeceira. A seção de medição é encaixada (figura 1), porém sujeita a alterações devido ao transporte de sedimentos por arraste, responsável por modificações contínuas do leito. Para estabilizar a seção foi construída uma proteção de concreto (março/abril de 1991). A seção fica a 200 m da confluência do rio Potiribu e a declividade média do leito é de cerca de 0,0045 m/m.

Estão disponíveis 34 medições de vazão (Chevallier, 1992), sendo que as 18 primeiras se referem ao período anterior à construção da soleira de concreto. O posto possui medições desde novembro de 1989, abrangendo este estudo até dezembro de 1991.

Na figura 2 apresenta-se as medições de descargas para os dois períodos (com e sem a soleira). Pode-se estabelecer duas curvas de descargas, mas observa-se que para o período anterior as medições de descarga representam uma faixa de vazões muito baixas.

SIMULAÇÃO

Com os dados disponíveis, vazão e nível em cada medição, conhecendo-se o trecho a montante e a jusante da seção de medição é possível utilizar uma equação de movimento uniforme como a de Manning, curva de remanso ou mesmo um modelo hidrodinâmico com condições de contorno constante (regime permanente) para simular cada medição realizada. Com estas ferramentas pode-se obter a rugosidade para a cota em estudo. O primeiro método admite uma condição de movimento uniforme na seção e não leva em conta os condicionantes de montante e

jusante, o segundo e o terceiro apresentam resultados semelhantes em regime permanente e permitem utilizar as informações do trecho para simular a seção. Neste caso, as condições de contorno são a vazão medida a montante e uma relação com base na equação de Manning a jusante. A cota medida é utilizada no ajuste para a obtenção da rugosidade.

Neste estudo, por conveniência, foi utilizado um modelo hidrodinâmico com condições de contorno constantes. O modelo utiliza o esquema implícito de diferenças finitas de Preissmann, por demais descrito na literatura (Cunge, 1981; Tucci, 1986).

A discretização utilizada foi de $\Delta x = 10m$, $\Delta t = 15s$, $\theta = 0,6$. Como a condição de contorno é uma curva-chave obtida pela equação de Manning, (onda cinemática), em contradição com a solução hidrodinâmica, torna-se necessário verificar se a distância da seção limite de jusante é suficiente para que os erros não se propaguem para montante. Isto equivale, neste caso, a testar a influência do número de seções sobre os resultados. Na figura 3 são apresentadas as profundidades correspondentes a três vazões dentro da faixa das descargas de interesse, em função do número de seções, obtidas com o modelo com rugosidade de 0,045 (Manning). Como pode-se observar, existe uma convergência dos resultados à medida que se aumenta o número de seções. Adotou-se para o estudo 20 seções com o espaçamento mencionado acima.

Para cada uma das 34 medições o trecho foi simulado, obtendo-se por ajuste a rugosidade correspondente. Evidentemente que utilizou-se as características físicas do trecho correspondente a cada data de medição.

A análise foi sub-dividida em dois períodos básicos: (i) antes da fixação da seção; (ii) depois da fixação da seção. Na figura 4 é apresentada a relação entre a vazão e a rugosidade após a construção da soleira (março-abril/1992), onde se observa uma relação bem definida. Este mesmo tipo de relação pode ser observado com as cotas.

No período pré-soleira são identificados grupos de medições efetuadas entre cheias, as quais causam alterações nas características do trecho. Os três grupos são apresentados na figura 5, onde pode-se verificar que no segundo grupo (05/06/90 a 23/12/90) a rugosidade fica na vizinhança de 0,04 para as onze medições efetuadas. Como as vazões correspondentes às medições mais antigas são também de menor magnitude, pode-se concluir que, pelo menos para as cotas muito baixas, as rugosidades dependem do transporte de sedimentos de fundo, o qual é responsável por modificações da forma do leito, especialmente por ocasião da ocorrência de enchentes. Estas alterações seriam responsáveis pelo comportamento instável das rugosidades, nesta faixa. Para vazões altas, possivelmente, a curva-chave definida pós-soleira pode ser aceita também para os períodos anteriores.

DEFINIÇÃO DA CURVA E ANÁLISE DAS VAZÕES

Com base na curva de rugosidade versus vazão e utilizando-se o modelo foram determinados os níveis correspondentes, estabelecendo-se a curva de descarga resultante para o período após a construção da soleira. Pequenas extrapolações podem ser feitas, tendo-se em conta a convergência observada para as rugosidades. Para o período anterior à soleira utilizou-se a rugosidade de 0,04 e foi estabelecida a curva de descarga, pelo mesmo procedimento. Na figura 6 são apresentadas as curvas correspondentes.

Para analisar a coerência dos resultados foram selecionados quatro eventos (dois para cada período), que englobam os períodos de validade da curva de descarga. Para cada evento foram discretizadas, com intervalos de 5 minutos, as precipitações e vazões correspondentes utilizando-se da curva de descarga estabelecida. Na tabela 1 tem-se as principais

características dos eventos analisados e nas figuras 7 e 8 dois eventos são apresentados. A relativa uniformidade nos valores dos coeficientes de escoamento, entre eventos anteriores e posteriores à estabilização da seção, pode ser interpretada como indicio de que os erros das curvas-chaves adotadas são relativamente pequenos.

O coeficiente de escoamento do último evento apresenta magnitude um pouco maior do que os demais, o que pode ser devido a que este ocorre logo depois do anterior, sendo favorecido pelas condições de umidade da bacia. A julgar pela vazão máxima, este evento seria menor, o que resultaria, em condições semelhantes, a um coeficiente reduzido. Porém observa-se que os volumes escoados não são significativamente menores, embora os totais precipitados constituam apenas 68% dos da cheia anterior, e, a julgar pela precipitação máxima, com maiores intensidades.

Tabela 1 - Características dos eventos analisados.

Evento	Total precipitado mm	Volume escoado m ³	Volume esc.sup. m ³	C	P _{max} mm	Q _{max} m ³ /s	Q _{ni} m ³ /s
05/6/90	36,4	8.489	5.581	0,139	5,24	2,872	0,090
20/9/90	58,7	10.254	8.802	0,136	3,07	3,000	0,040
05/6/91	74,0	13.220	11.408	0,137	4,83	2,954	0,057
16/8/91	50,4	11.447	9.581	0,173	5,42	1,372	0,051

As cheias analisadas constituem os eventos de maior magnitude, nos períodos estudados, com exceção da cheia de dezembro de 1990 que atingiu 2,40m e não foi desconsiderada porque a maior vazão medida corresponde a cota de 1 m, representando uma grande extrapolação da curva de descarga. Estes eventos, segundo dados de precipitação de Cruz Alta, representam tempos de retornos inferiores a 2 anos (P= 88 mm para 8 horas de duração).

CONCLUSÃO

O traçado de uma curva de descarga com dados reduzidos é um dilema comum do Hidrólogo. Neste estudo é apresentada a sequência utilizada para estabelecer a referida curva numa seção de uma pequena bacia rural com o apoio de um modelo que retrata o trecho em análise e não somente a seção, como na maioria das metodologias.

Foram ajustadas relações bem definidas entre rugosidades e vazões com base nas medições de descargas. Estas relações foram utilizadas para se obter as curvas-chaves em dois períodos importantes. As curvas obtidas foram verificadas para quatro eventos dos períodos analisados, obtendo-se resultados coerentes. Para um exame mais completo da curva-chave obtida seria necessário a sua verificação também para períodos de estiagem e uso das estatísticas da vazão quanto a compatibilidade com outros postos da região.

As incertezas ainda resultantes se devem a falta de medições para a faixa superior da curva de descarga. Nesta fase do estudo a curva não foi extrapolada pelo modelo, mas poderia ter sido realizada com as incertezas inerentes. Os resultados assim obtidos seriam mais confiáveis do que a extrapolação gráfica que não leva em conta as características físicas do trecho. Os resultados por este procedimentos somente apresentarão ganho na seção, com relação ao uso de uma equação tradicional como a de Manning, quando o trecho em que a mesma estiver inserida é não-uniforme.

REFERÊNCIAS

CHEVALLIER, P. (1992), Projeto Potiribu: Dados básicos de Fluviometria e Pluviometria. In : Recursos Hídricos n. 26. TPH-UFRGS.

CUNGE, J. A., HOLLY, F. M., VERWEY, A. (1980), Practical Aspects of Computational river hydraulics, Boston. 419 p.

TUCCI, C. E. M. (1986), Modelos Matemáticos em Hidrologia e Hidráulica. RBE, Rio de Janeiro 600 pgs.

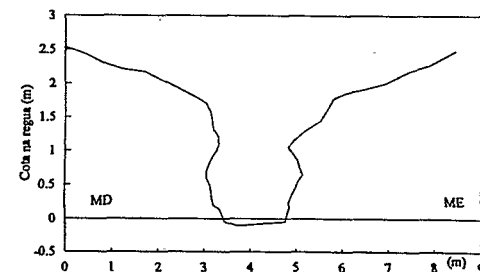


Figura 1 - Seção Transversal

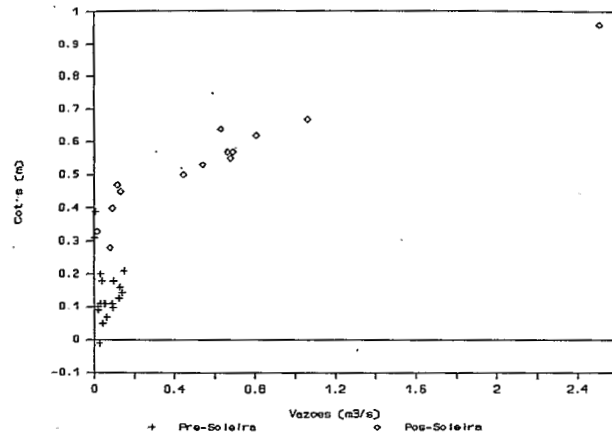


Figura 2 - Resumo das Medições

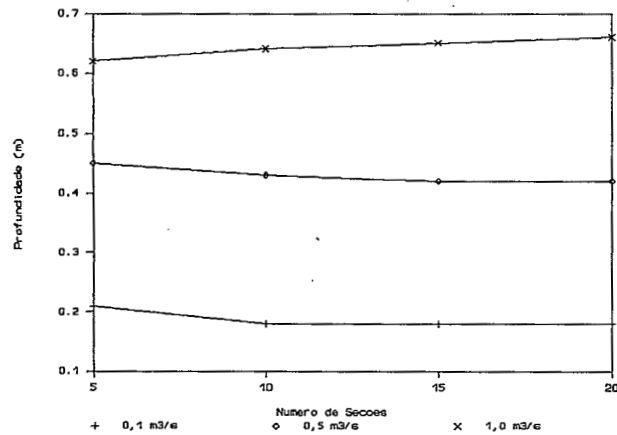


Figura 3 - Efeito da Condição de Jusante

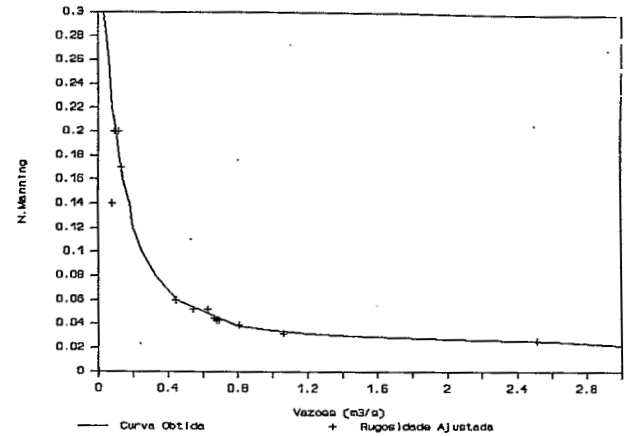


Figura 4 - Descargas x Rugosidades (Periodo posterior)

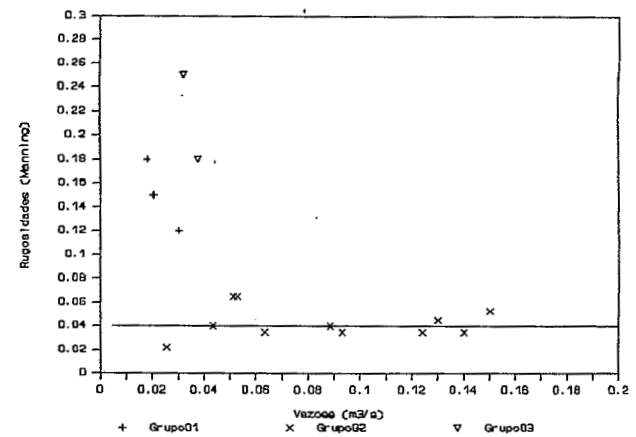


Figura 5 - Descargas x Rugosidades (Periodo anterior)

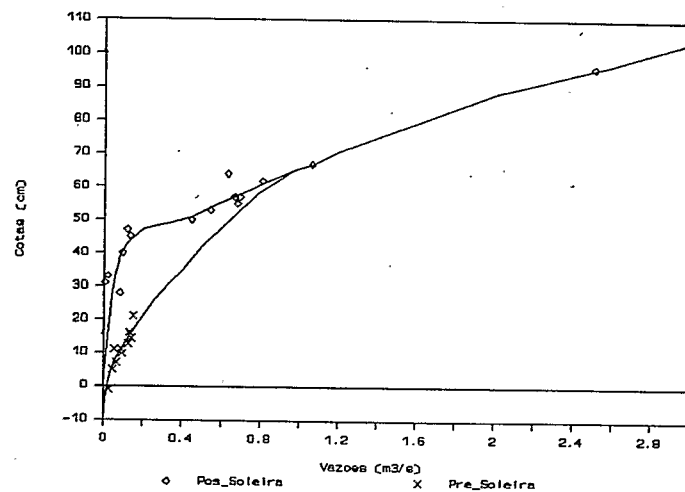


Figura 6 - Curva-Chave

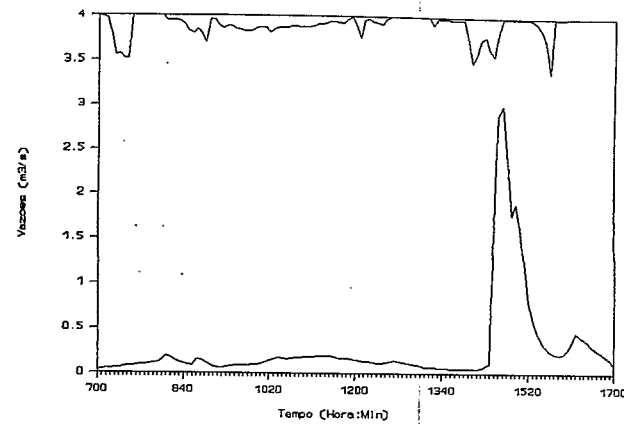


Figura 7 - Evento de 20/09/1990

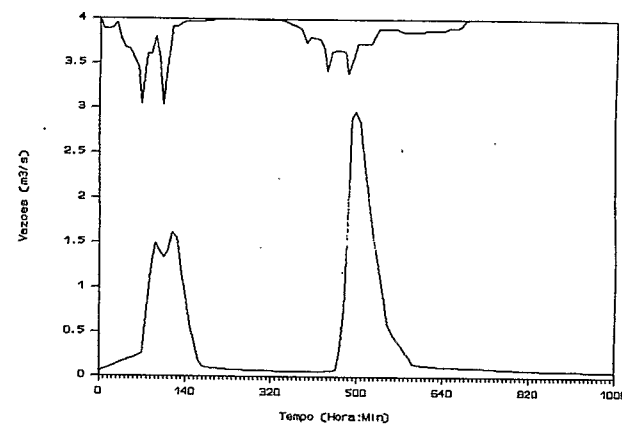


Figura 8 - Evento de 05/06/1991

X SIMPÓSIO
BRASILEIRO
DE RECURSOS
HÍDRICOS



I SIMPÓSIO
DE RECURSOS
HÍDRICOS DO
CONE SUL

7a12 NOV 93

GRAMADO / RS

A N A I S 4

81692