

ESTUDO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO DO RIO PIQUIRI

Manoel Moisés F. de Queiroz¹; Fernando Angst²; Benedito Martins Gomes²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros hidrossedimentológicos do rio Piquiri, relacionando-os aos sistemas de uso do solo da bacia. Foram monitorados os parâmetros de vazão do rio e concentração de sedimentos em suspensão durante o período de agosto de 2007 a abril de 2008 na estação Ponte do Piquiri, município de Ubitatã, BR-369. Determinaram-se as curvas-chave de vazão ($R^2=0,99$), concentração de sedimentos em suspensão ($R^2=0,95$), carga total diária de sedimentos ($R^2=0,98$) e turbidez em função de sedimentos em suspensão ($R^2=0,94$), sendo que todas apresentaram bons ajustes. Os resultados indicaram que pode ser classificada em muito baixa a moderada a produção de sedimentos da bacia.

Abstract: The objective of this paper was to evaluate the hidrossedimentologic parameters of the Piquiri river and relating them to basin land use systems. They were monitored the parameters of flood and suspension sediment concentrations during the period from August/2007 to April/2008 in Piquiri bridge station, Ubitatã, PR town, BR-369. They determined the rating curve of flood ($R^2=0,99$), rating curve of suspension sediment concentrations ($R^2=0,95$), rating curve of total day discharge of sediments ($R^2=0,98$) and rating curve of turbidity in function of suspension sediments ($R^2=0,94$), being that all presented good settlements. The results indicated that can be classified in a very decrease it moderated the output of sediments of the basin.

Palavras chave: sedimento em suspensão, vazão, curva-chave

Introdução

A produção de sedimentos e poluentes dentro de uma bacia hidrográfica atinge quase sempre sistemas de bacias a sua jusante, sendo que a bacia hidrográfica do rio Piquiri faz parte da bacia hidrográfica do rio Paraná, desaguando cerca de 30 km acima do início do Reservatório de Itaipu. Os sedimentos produzidos na bacia que não são depositados ao longo do curso do rio são carregados até o Rio Paraná e posteriormente depositados no reservatório causando sérios problemas de assoreamento e futuramente podem causar a diminuição do potencial de geração de energia da hidrelétrica de Itaipu. Os poluentes também causam diversos problemas dentro da bacia como a eutrofização de ambientes, principalmente no reservatório aonde os nutrientes irão se concentrar.

Os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais. Para as condições brasileiras, não se tem quantificado o quanto esses poluentes contribuem para a degradação dos recursos hídricos (MERTEN & MINELLA, 2002).

¹ Prof. Adjunto da Área de Recursos Hídricos, CCTA, UFCCG, Rua Jairo Vieira Feitosa, S/N, Bairro dos Pereiros, Fone (83) 3431-2376, CEP 58.840-000, Pombal-PB, moises@ccta.ufcg.edu.br;

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitaria, 2069, Jardim Universitário, 85.819-110, Cascavel-PR, E-mail bmigomes@unioeste.br

A presença de nutrientes na água e no sedimento que é carregado pelo rio pode demonstrar qual o grau de poluição que esta sendo gerado pela bacia e se os sistemas de prevenção de escoamento das áreas agrícolas são eficazes.

Segundo MACHADO & VETTORAZZI (2003), os processos hidrológicos associados ao uso e manejo da terra exercem, claramente, um papel dominante na produção e transporte de sedimentos. Com o aumento excessivo da concentração de sólidos e da descarga sólida dos mananciais, pode ocorrer com o tempo, o assoreamento, que além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, a fauna e a flora (CARVALHO et al, 2000), provoca o decréscimo da velocidade da água, resultando também, em redução da disponibilidade hídrica. Os sedimentos são, provavelmente, o mais significativo de todos os poluentes em termos de sua concentração na água, seus impactos no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes (MACHADO & VETTORAZZI, 2003).

O objetivo deste trabalho foi proceder a um estudo hidrossedimentológico no rio Piquiri, junto à estação fluviométrica da Ponte do rio Piquiri, BR-369, próximo a cidade de Ubitatã-PR, buscando identificar a eficiência dos sistemas de uso do solo da bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de amostras de água foram realizadas na estação Ponte do Piquiri localizada na BR – 369 município de Ubitatã (Figura 2), latitude 24:31:0 e longitude 53:10:0. (HIDROWEB, 2008). A seção da bacia acima da estação possui área de drenagem de 11.303 km². O local onde esta instalada a estação apresenta altitude de 310 m.



Figura 1 - Bacia do rio Piquiri com o ponto de amostragem em destaque.

O local onde foram realizadas as coletas apresenta largura aproximada de 187 m, com fundo rochoso não possibilitando a coleta de material de leito.

Medição da vazão líquida

Realizou-se um total de sete campanhas de medição de vazão, durante o período de agosto de 2007 a abril de 2008. Para a medição da vazão líquida foi utilizado o método velocidade-área, em que a velocidade de fluxo foi obtida com molinete hidrométrico modelo MLN-07 (Figura 2). Realizou-se a batimetria do rio a cada dez metros num total de 18 verticais ao longo do rio com o auxílio do guincho hidrométrico acoplado a um lastro, sendo também nestes pontos tomados os dados de velocidade do fluxo em dois pontos na vertical, onde o rio tinha profundidade superior à 60cm, e em um ponto onde a profundidade era inferior a 60cm. A área foi determinada a partir da largura do rio tomada com auxílio de cabo de aço graduado e embarcação e da profundidade (Figura 2).

As velocidades de cada ponto foram calculadas utilizando-se o número de giros da hélice do molinete (equação 1), através da equação do molinete MLN-07 para a hélice JC 017/06 (equações 2 e 3).



Figura 2 - Molinete hidrométrico MLN-07 acoplado ao lastro e guincho, ara medição de vazão no rio Piquiri.

$$N = n^{\circ} \text{ de pulsos} / 40 \text{ segundos} \quad (1)$$

$$V = 0,01641847 + 0,25366065 * N, \text{ para } N < 0,5051 \quad (2)$$

$$V = 0,00233053 + 0,28154932 * N, \text{ para } N > 0,5051 \quad (3)$$

A área de cada seção foi calculada multiplicando-se a profundidade pela largura. Com os dados da área e velocidade média na vertical foi calculado a vazão de cada seção, sendo somadas estas vazões para se determinar a vazão total do rio. O método utilizado foi o método da meia seção (Santos et al., 2001).

Medição dos sedimentos em suspensão

O método utilizado para a medição da descarga sólida foi o indireto. Neste método realizaram-se coletas de material a campo e posteriormente analisadas as concentrações em laboratório. A coleta do material em suspensão foi realizada pelo método de integração vertical com Igual Incremento de Largura (IIL). O equipamento usado foi o amostrador DH-49 acoplado ao guincho fluviométrico sobre o barco de alumínio. Para a quantificação do sedimento em suspensão foi utilizado o método da filtração e evaporação. As análises de concentração de sedimentos foram realizadas no laboratório de Hidrossedimentologia da UNIOESTE, *Campus* de Cascavel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curva-chave da vazão e do sedimento

Para a obtenção das curvas-chaves de cota-vazão (Figura3) e de vazão-sedimento (Figura 4) foram utilizados os dados das sete campanhas apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de Vazão (Q), concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) e descarga sólida diária produzida pela bacia (Q_{ss}).

Campanha	Mês	Cota (cm)	Q (m ³ .s ⁻¹)	C _{ss} (mg.L ⁻¹)	Q _{ss} (t.dia ⁻¹)
1	Agosto	62	65,53	3,7	20,905
2	Outubro	60	62,23	20,9	112,699
3	Novembro	160	277,04	116,5	2789,199
4	Dezembro	85	117,99	41,1	418,997
5	Fevereiro	72	89,52	38,5	297,862
6	Março	98	135,52	80,2	940,108
7	Abril	52	51,30	1,8	8,059

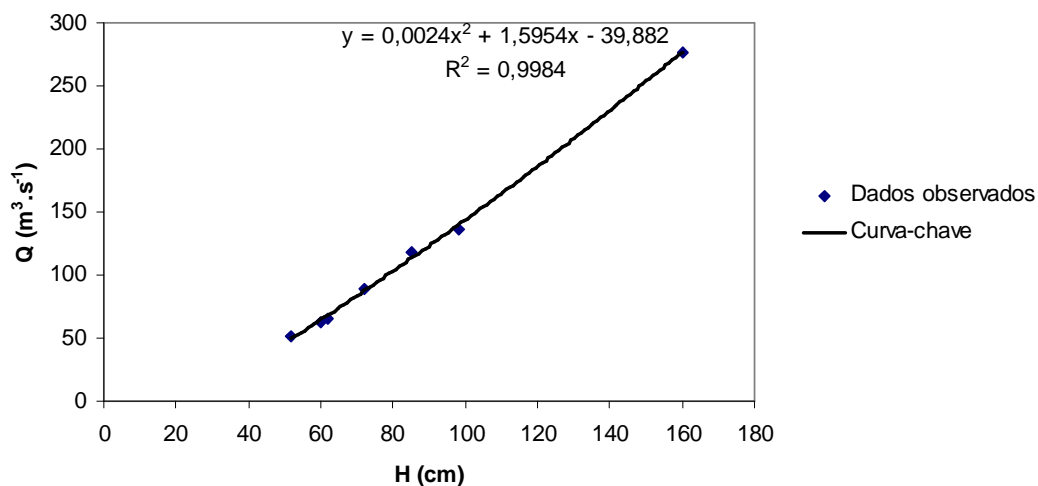


Figura 3 - Curva-chave da vazão em função da cota.

A relação que melhor expressou a curva-chave acima foi a polinomial com coeficiente de determinação $R^2 = 0,998$.

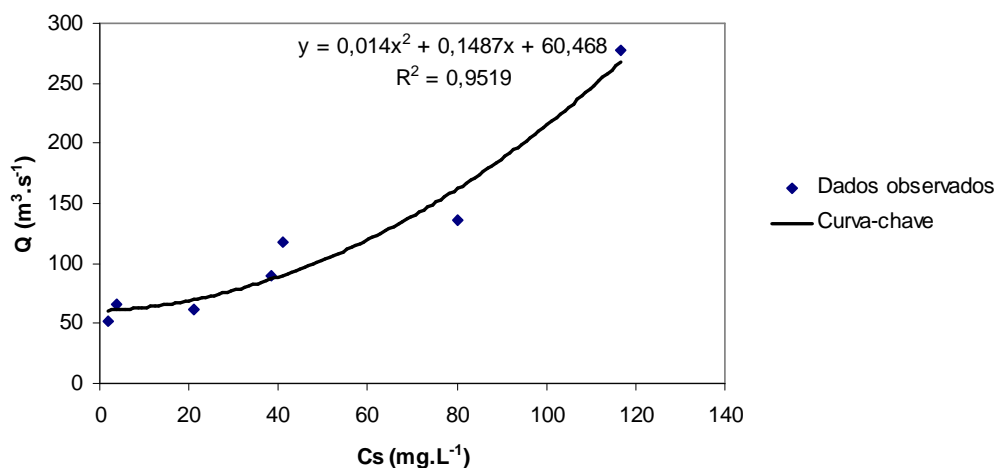


Figura 4 - Curva-chave entre a vazão do rio e a concentração de sedimentos em suspensão.

A maior concentração de sedimento em suspensão ocorreu no mês de novembro ($116,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), sendo que este mês também teve a maior vazão medida ($277,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). A menor concentração de sedimentos ocorreu no mês de abril ($1,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) quando ocorreu a menor vazão medida nas campanhas ($51,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Esta relação entre maior vazão maior concentração de sedimentos e menor vazão menor concentração de sedimentos não é uma regra se se observam os valores encontrados nos meses de agosto e outubro. O mês de Outubro mesmo apresentando uma vazão inferior apresentou uma concentração de sedimentos em torno de sete vezes superior ao mês de agosto (Tabela 1).

De acordo com a classificação de LIMA et al. (2004) o rio Piquiri pode ser considerado um rio de muito baixa a moderada concentração de sedimentos em suspensão. LIMA et al. (2004) também classificou o rio Piquiri como de muito baixa a moderada concentração de sedimentos em suspensão, com uma concentração variando de 46 a 140 mg.L⁻¹, e uma concentração média para a região de estudo de 74 mg.L⁻¹. Estes resultados podem sugerir que as técnicas conservacionistas do solo, amplamente utilizadas na bacia em estudo, reduzem a quantidade de sedimentos que atingem o corpo hídrico.

LOPES et al. (2005) analisaram as cargas de sedimentos em várias estações ao longo do Rio Iguaçu, tendo encontrado concentrações mínima de 19 mg.L⁻¹, máxima de 101 mg.L⁻¹ e média de 33 mg.L⁻¹. O autor salientou que estas baixas concentrações estão relacionados a presença de vários reservatórios ao longo do rio que retém a carga de sedimentos.

A equação matemática que melhor expressou a curva-chave entre a vazão do rio e concentração de sedimentos em suspensão foi a polinomial com $R^2 = 0,95$ (Figura 4).

Para a descarga diária total de sedimentos a equação polinomial também foi a que melhor expressou os dados, com $R^2 = 0,98$ (Figura 5).

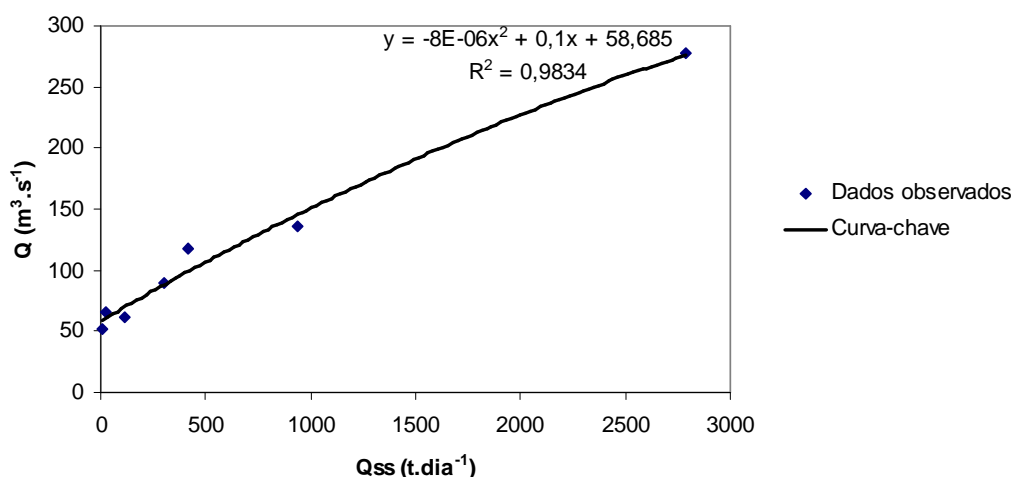


Figura 5 - Curva-chave entre a vazão do rio e a descarga total diária de sedimentos

BICALHO (2006) encontrou um $R^2 = 0,99$ para a curva-chave de descarga sólida para um mesmo número de campanhas realizadas. Segundo LIMA et al. (2004) e CARVALHO et al (2000), as curvas-chave de descarga sólida tem em geral a forma de potência. LIMA et al. (2004), estudando a descarga sólida do rio Piquiri em um ponto próximo ao ponto de amostragem, encontrou a melhor relação entre a vazão e a descarga sólida na forma de potência, com um $R^2 = 0,82$. No mesmo trabalho em outras estações o melhor ajuste dos dados ocorreu com a curva-chave da forma polinomial.

A descarga diária de sedimentos medida no ponto de amostragem variou de 8 t.dia⁻¹ para o mês de abril até uma descarga de 2.789 t.dia⁻¹ no mês de novembro.

LIMA et al. (2004) determinou uma descarga sólida diária media para a região de amostragem de 2.447 t.dia⁻¹.

Com a elaboração da curva-chave de descarga diária de sedimentos pode ser determinada a descarga anual do rio no ponto da estação. Para isso são necessários somente os dados da série de vazão do rio.

No estudo analisaram-se os parâmetros de turbidez do rio e com esses dados foi estabelecida uma relação com os dados de concentração de sedimentos em suspensão. A relação teve como objetivo determinar se há a possibilidade de se avaliar a concentração de sedimento em suspensão através dos dados de turbidez.

A curva-chave que melhor se ajustou para os dados foi a polinomial com $R^2 = 0,948$ (Figura 6), demonstrando um bom ajuste dos dados de turbidez em relação a concentração de sedimentos em suspensão, sugerindo-se que os dados de turbidez podem ser úteis para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão de um rio.

Carvalho et al. (2000) também determinou a curva-chave de turbidez em relação à concentração de sedimentos em suspensão com $R^2 = 0,8$.

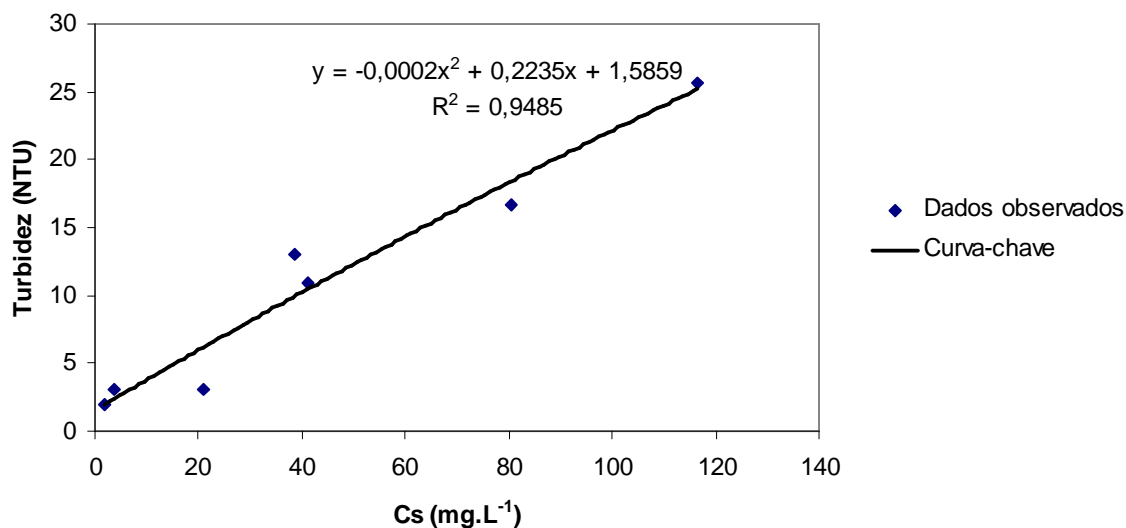


Figura 6 - Curva-chave da relação turbidez e sedimentos em suspensão.

Análise dos dados da Hidroweb (ANA)

A Figura 7 apresenta a relação entre os dados do banco de dados da ANA e do presente estudo. A relação pode ser considerada boa para as vazões em cotas baixas, mas, em cotas

maiores as vazões propostas pela curva-chave da ANA tornam-se bastante superiores as vazões observadas no presente estudo. Estes dados podem sugerir que devem ser realizados novos estudos para que seja feita uma correção da curva-chave utilizada, já que a mesma vem sendo utilizada por mais de 30 anos. Pode ocorrer ainda que as diferenças encontradas foram causadas por erros de medições no presente estudo, sendo então validas as curvas-chave utilizadas pela ANA.

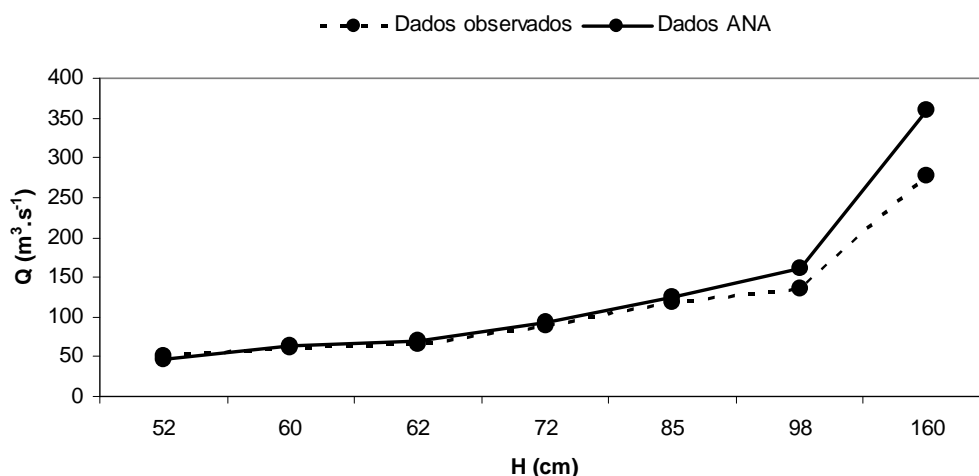


Figura 7 - Relação entre as vazões observadas nas coletas e vazões estabelecidas pela ANA.

IOST (2008) salientou que uma curva-chave de vazão não pode ser utilizada por tempo indeterminado, pois as características físicas do rio podem ser modificadas ao longo dos anos. Devendo então a curva ser atualizada para as novas formas adquiridas pelo curso da água.

Segundo PORTO, SILVA & ZAHED (2003), alterações na geometria da seção ou na declividade do rio gerada por erosão ou assoreamento podem trazer alterações a relação cota-vazão.

NA Figura 8 encontra-se a curva-chave da concentração de sedimentos em suspensão dos dados da ANA. A correlação foi melhor explicada pela equação polinomial com $R^2=0,17$. Os resultados demonstraram uma correlação muito baixa entre os dados, sendo que a curva não pode ser utilizada para estudos de descarga de sedimentos da estação do Rio Piquiri.

Nota-se que os dados observados no presente estudo encontram-se dentro da nuvem de dados observados pela ANA, demonstrando um bom resultado do estudo. A baixa correlação dos dados observados pela ANA pode estar ocorrendo devido a uma descontinuidade nas equipes de coleta e nos métodos utilizados.

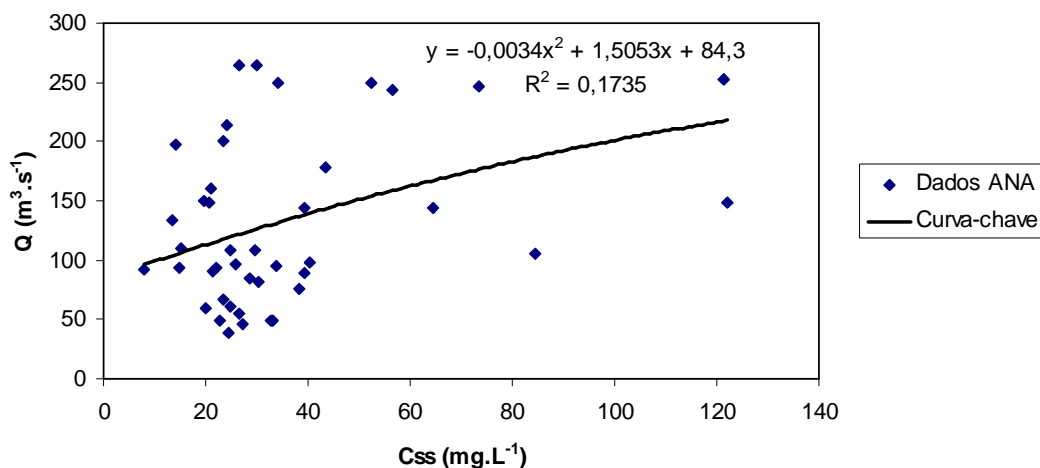


Figura 8 - Curva-chave da concentração de sedimentos em suspensão elaborada a partir dos dados da ANA.

Os resultados de LIMA et al. (2004) e do presente estudo demonstram que a tomada de dados e sua análise correta, resultam em curvas-chave que apresentam bons ajustes para o rio Piquiri. Com os resultados da relação cota/vazão deste estudo e os valores cota/vazão analisados da ANA, percebe-se uma variação nos resultados podendo ser resultado de erros de medição do presente estudo ou ainda da necessidade da realização de novas campanhas de medição de vazão para a elaboração de uma nova curva-chave, ou verificar se neste período o curso da água sofreu alterações em sua geometria.

CONCLUSÕES

A curva-chave da vazão elaborada no presente estudo apresentou uma boa relação entre a cota e a vazão com um bom ajuste dos dados, possibilitando sua utilização para determinação da vazão do rio a partir dos valores das cotas.

A análise de sedimentos em suspensão demonstrou uma boa relação para curva-chave. Os resultados demonstram que se pode classificar o rio como de muito baixa a moderada concentração de sedimentos em suspensão, apresentando boas práticas conservacionistas no manejo e uso do solo da bacia, as quais provocam poucas emissões de sedimentos para o curso do rio.

A relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez da água demonstrou boa relação, podendo-se utilizar a turbidez da água para se estimar a concentração de sedimentos em suspensão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BICALHO, C. C. **Estudo do transporte de sedimento em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) UNB. Brasília, DF. 2006.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000, 132p.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000. 154p.

HIDROWEB, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Banco de dados HIDROWEB**. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 01/03/2008.

IOST, C. **Influência do uso do solo na produção de sedimento e qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) UNIOESTE. Cascavel, PR. 2008.

LIMA, J. E. F. W. et al. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, Brasília, DF. ANEEL. ANA, 2004.

LOPES, W. T. A. et al. **Análise do fluxo de sedimentos em suspensão na bacia do rio Iguçu**. Relatório de atividades ANA. 2005.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. **Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27: 735-741, 2003

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável: EMATER, Porto Alegre/RS, v.3, n.4. 2002.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001, 372p.