

CURVAS-CHAVE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO PARA A SUB-BACIA PASSO DO MENDONÇA EM TRÊS DIFERENTES CENÁRIOS DE AJUSTE

ANA PAULA KNAPP¹; PABLO MIGUEL²; TAMARA LEITZKE CALDEIRA
BESKOW²; MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES³

¹Universidade federal de Pelotas- UFPEL – anapaulaknapp@gmail.com

²Universidade federal de Pelotas- UFPEL – pablo.miguel@ufpel.edu.br, tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - UFPEL – nunes.candida@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A perda de solo por erosão hídrica representa uma forma de degradação ambiental que deve ser mensurada e manejada visando reduzir os efeitos negativos ao meio ambiente, como perda da camada produtiva dos solos, de nutrientes e defensivos agrícolas e o assoreamento de corpos hídricos. Para tanto, é importante mensurar e entender a dinâmica da produção e transporte de sedimentos nos locais de interesse.

Em situações em que não há um programa contínuo de amostragem da concentração de sedimentos em cursos d'água, com a finalidade de estimar a carga de sedimentos suspensos, é possível se munir da utilização das curvas-chave de sedimentos para obter essa estimativa (WALLING, 1977). Os dados de concentração de sedimentos suspensos podem ser obtidos das curvas-chave de sedimentos e com isso permitir cálculos subsequentes de fluxo (HOROWITZ, 2003). As curvas-chave de sedimentos e seu comportamento indicam a relação existente entre a descarga e a concentração de sedimentos suspensos em um determinado ponto do curso d'água (ASSELMAN, 2000). Com isso, o objetivo deste trabalho foi testar diferentes ajustes para a construção de curvas-chave de sedimentos e avaliar o desempenho das mesmas através de índices estatísticos, em uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, considerando três cenários de entrada de dados: dados completos, dados divididos em intervalos de tempo e dados divididos em intervalos de excedência de vazão.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, que está inserida na Região Hidrográficada Bacias Litorâneas - L030 (SEMA, 2022). Abrangendo uma área de 21.657 Km² e 28 municípios, a Bacia do Rio Camaquã estende-se por 430 Km até encontrar a Lagoa dos Patos (CBHRC, 2022). A sub-bacia Passo do Mendonça, escolhida para a realização deste trabalho, apresenta uma seção de controle monitorada pela Agência Nacional de Águas (ANA), localizada no município de Cristal-RS e totaliza uma área de drenagem de 15.600 Km² (ANA, 2022). Os dados referentes à cota e vazão do curso d'água e concentração de partículas em suspensão, necessários para a construção da curva-chave de sedimentos, foram obtidos junto à estação fluviométrica Passo do Mendonça (87905000), operada pela CPRM e de responsabilidade da ANA, localizada na latitude -31,01 e longitude -52,05, para o período de 1997 a 2019.

A curva-chave de sedimentos foi ajustada analiticamente à uma função de potência, conforme sugerido por Asselman (2000), Zhang et al. (2012) e Hassanzadeh et al. (2018), como apresentado nas equações 1 e 2. Partindo-se dos valores de concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) e de vazão (Q),

obtem-se os valores de descarga sólida de sedimentos em suspensão (Qss) para a construção da curva-chave de sedimentos, conforme equação 3, recomendada por Asselman (2000), Horowitz (2003) e Hassanzadeh et al. (2018).

$$C_{ss} = a Q^b \quad (1)$$

$$Q_{ss} = a Q^b \quad (2)$$

$$Q_{ss} = 0,0864 C_{ss} Q \quad (3)$$

Onde C_{ss} é a concentração de sedimentos em suspensão (mgL⁻¹), Q é a vazão (m³s⁻¹), Q_{ss} é a descarga sólida de sedimentos em suspensão (t dia⁻¹), enquanto “a” e “b” são coeficientes de ajuste e 0,0864 é um fator de conversão de unidades.

Para avaliar a adequação das curvas-chave de sedimentos foram calculados o Erro Relativo Percentual Médio (ERP) (equação 4) e o Coeficiente de Nash e Sutcliffe (equação 5). O ERP objetivou avaliar a eficiência das curvas-chave para estimar os valores de Q_{ss}, conforme recomendado por Horowitz (2003) e Sadeghi et al. (2008) e o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NASH; SUTCLIFFE, 1970) para verificar a eficiência do modelo da curva-chave em comparação aos valores médios observados.

$$ERP = \frac{\sum \left| \frac{Q_{ssCalc} - Q_{ss}}{Q_{ssObs}} \right|}{N} \cdot 100 \quad (4)$$

$$NS = \frac{\sum (Q_{ssObs} - \overline{Q_{ssObs}})^2 - \sum (Q_{ssCalc} - Q_{ssObs})^2}{\sum (Q_{ssObs} - \overline{Q_{ssObs}})^2} \quad (5)$$

Onde Q_{ssCalc} é a descarga de sedimentos em suspensão calculada pelo modelo da curva-chave, Q_{ssObs} é a descarga de sedimentos em suspensão observada, $\overline{Q_{ssObs}}$ é a média da descarga de sedimentos em suspensão observada e N é o número de observações.

O ajuste das curvas-chave foi realizado utilizando: (a) todos os dados, (b) dados subdivididos em períodos de tempo e (c) dados subdivididos em intervalos de vazão. A subdivisão por intervalos de vazão foi baseada na frequência de excedência de vazão em até 20%, de 20 a 70% e acima de 70%, como sugerido por Girolamo et al. (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ajuste das curvas-chave de sedimentos

Na Figura 1, nota-se que, ao considerar o período completo de dados (1997-2019) temos um coeficiente de determinação (R²) de 0,852, indicando um bom ajuste dos dados.

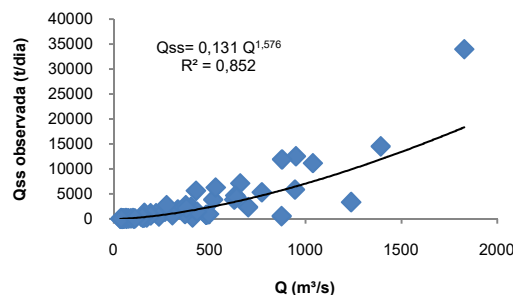


Figura 1 – Curva-chave de sedimentos para a estação Passo do Mendonça (87905000) considerando os dados completos (1997-2019).

Ao dividir o conjunto de dados em intervalos de tempo, considerando o período de 1997 a 2008 e de 2009 a 2019 (Figura 2), nota-se que o coeficiente de determinação (R²) apresenta melhor desempenho no período de 2009 a

2019($R^2=0,91$), porém, no período de 1997 a 2008, o coeficiente de determinação (R^2) apresenta resultado superior a 80%.

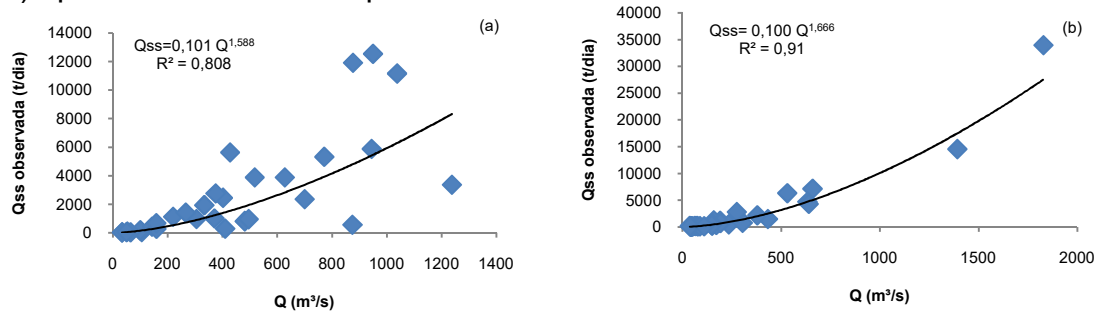


Figura 2 – Curva-chave de sedimentos da estação Passo do Mendonça (87905000) considerando o período de dados de 1997 a 2008 (a) e o período de dados de 2009 a 2019 (b).

Quando dividiu-se os dados em intervalos de excedência de vazão, o desempenho do coeficiente de determinação (R^2) diminuiu em todos os casos, apresentando o melhor desempenho em vazões intermediárias (Figura 3b), já para o caso de vazões mais baixas (Figura 3a) e vazões mais altas (Figura 3c), o desempenho do coeficiente de determinação apresentou-se abaixo de 50%.

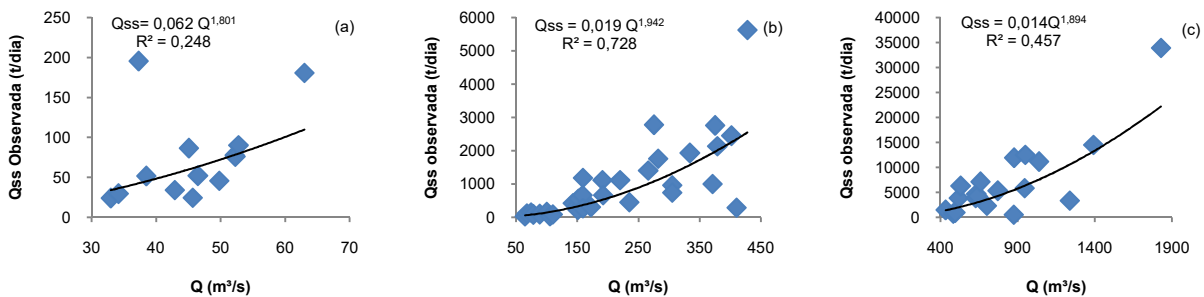


Figura 3 – Curva-chave de sedimentos da estação Passo do Mendonça (87905000), considerando intervalo de excedência de vazão em 20% (a), intervalo de excedência de vazão entre 20 e 70% (b) e intervalo de excedência de vazão maior que 70% (c).

3.2 Avaliação das curvas-chave de sedimentos

O coeficiente NS teve o melhor desempenho para a curva-chave construída quando se divide o conjunto de dados em intervalos de tempo no período de 2009 a 2019, coincidindo com o melhor valor obtido para R^2 e com um bom desempenho de ERP. Considerando o conjunto completo de dados (1997-2019), obtemos um resultado satisfatório para NS, superior a 70%. Para os demais casos, o coeficiente NS não apresentou bom desempenho. Já para o ERP, tem-se os melhores desempenhos na divisão dos dados em intervalos de vazão até 20% porém contrastando com um baixo valor para o coeficiente NS e na divisão em intervalos de tempo entre 2009 a 2019. De forma geral, considerando o ERP e NS, as curvas-chave que apresentam o melhor desempenho são aquelas que representam o período de tempo de 2009 a 2019 e o período de dados completos (1997-2019).

Tabela 1 – Índices estatísticos das curvas-chave construídas.

Índice estatístico	Dados Completos	Intervalo de tempo		Intervalo de vazão		
		1997-2008	2009-2019	0-20%	20-70%	70-100%
ERP (%)	76,790	92,237	46,511	40,872	72,044	97,040
NS	0,717	0,468	0,947	0,132	0,516	0,680

4. CONCLUSÕES

A construção das curvas-chave de sedimentos permite conhecer o comportamento sedimentológico de locais onde o monitoramento de sedimentos não é contínuo ou é de difícil execução. O ajuste adequado das curvas-chave evita superestimar ou subestimar o transporte de sedimentos nos cursos d'água. De forma geral, considerando o ERP, NS e R² em conjunto, a utilização dos dados divididos em intervalo de tempo (2009-2019) e dos dados completos (1997-2019) apresentaram os melhores ajustes para os dados da estação fluviométrica estudada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **HIDROWEB**, 2022. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>

ASSELMAN, N. E. M. Fitting and interpretation of sediment rating curves. **Journal of Hydrology**, v.234, n.3, p.228-248, 2000.

CGBHRC, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. **Plano de Bacia**, 2022. Disponível em: <https://www.comitecamaqua.com/>

GIROLAMO, A. M.; PAPPAGALLO, A. L. PORTO Temporal variability of suspended sediment transport and rating curves in a Mediterranean river basin: The Cellone (SE Italy). **Catena**, v. 128, p. 135-143, 2015.

HASSANZADEH, H.; BAJESTAN, M. S.; PAYDAR, G. R. Performance evaluation of correction coefficients to optimize sediment rating curves on the basis of the Karkheh dam reservoir hydrography, west Iran. **Arabian Journal of Geosciences**. v.11, p.595, 2018.

HOROWITZ, A. J. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations. **Hydrological Processes**. v.17, p.3387-3409, 2003.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models. Part I. A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v.10, n.3, p.282-290, 1970.

SADEGHI, S. H. R.; MIZUYAMA, T.; MIYATA, S.; GOMI, T.; KOSUGI, K.; FUKUSHIMA, T.; ONDA, Y. Development, evaluation and interpretation of sediment rating curves for a Japanese small mountainous reforested watershed. **Geoderma**, v.144, n.1, p. 198-211, 2008.

SEMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **L030 – Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã**, 2022. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/l030-bh-rio-camaqua>

WALLING, D. E. Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for a small basin. **Water resources research**, v. 13, n. 3, p. 531-538, 1977.

ZHANG, W.; WEI, X.; JINHAI, Z.; YULIANG, Z.; ZHANG, Y. Estimating suspended sediment loads in the Pearl River Delta region using sediment rating curves. **Continental Shelf Research**, v.38, p.35-46, 2012.