

## TRANSFERÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS ENTRE DOIS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

*André Tiago dos Santos*<sup>1\*</sup>; *Daniel Gustavo Allasia*<sup>2</sup>; *Rutinéia Tassi*<sup>2</sup>; *Jean Minella*<sup>3</sup>; *Maurício Fensterseifer*<sup>4</sup>; *Christhian Santana Cunha*<sup>5</sup>

**Resumo** – Vários problemas estão ligados à erosão. Entre eles, incluem-se os impactos no transporte de nutrientes e poluentes para os corpos hídricos, mudanças na qualidade da água, assoreamento de canais e reservatórios e redução da vida útil de equipamentos de hidroelétricas. No Brasil, a rede sedimentométrica é relativamente pequena e, dentro deste contexto, é necessário transferir informações para os locais sem dados. Este trabalho avalia algumas das metodologias de transferência de informações entre postos sedimentológicos (concentração de sedimentos em suspensão) na bacia hidrográfica do rio Conceição situada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Testaram-se duas metodologias para transferência de informações de jusante para montante: proporção de áreas e relação com as vazões. Pelo método da proporção de área o valor médio de 24,2 t/km<sup>2</sup>/ano, enquanto o valor obtido pelo método da proporção das vazões ficou entorno de 23,26 t/km<sup>2</sup>/ano. Estes resultados indicam que as metodologias se equivalem em termos anuais, embora apresentem diferenças nas estimativas ao longo do ano. Os resultados mostraram ainda, maiores incertezas na faixa das menores descargas sólidas de sedimentos em suspensão.

**Palavras-Chave** – Descarga Sólida; Sedimentos; Vazões.

## HYDROLOGIC DATA TRANSFER BETWEEN TWO STATIONS IN THE NORTHWEST REGION OF RIO GRANDE DO SUL

**Abstract** – Several problems are related to the erosion. These include the impacts on the transport of nutrients and pollutants to water resources, changes in water quality, silting of canals and reservoirs and reduction the useful life of hydroelectric equipment. In Brazil, the sedimentometric network is relatively small and, within this context, is necessary to transfer information for locations without data. This paper assesses some of the methods of transferring information between sediment stations (concentration of suspended sediment) in the Conception river basin located in the northwestern part of the state of Rio Grande do Sul. Two methodologies were tested for transferring information from downstream to upstream: proportion of areas and relation to flow. By the method of area proportion the mean value of 24.2 t / km<sup>2</sup> / year, while the value obtained by the method of the proportion of the flow was around 23.26 t / km<sup>2</sup> / year. Both results were similar to those observed in the downstream station (24.15 t / km<sup>2</sup> / year). Relative errors are concentrated in the range of low solid discharges of suspended sediments.

**Keywords** – Sediment Discharge; Sediment; Streamflow.

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (UFSM). E-mail: atsantos85@gmail.com.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (UFSM). E-mail: dallasia@gmail.com.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (UFSM); Email: jminella@gmail.com

<sup>4</sup> Aluno de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFSM). E-mail: mauriciojf93@gmail.com.

<sup>5</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (UFSM). E-mail:christhianscunha@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Muitos são os problemas associados ao fenômeno da erosão. Entre estes, inclui-se os impactos no transporte de nutrientes e poluentes para os corpos hídricos, mudanças nos padrões de qualidade da água, assoreamento de canais e reservatórios, redução da vida útil de equipamentos de hidroelétricas e ainda perdas de fertilidade do solo (Horowitz, 2003). Desta forma, o monitoramento das variáveis envolvidas nos processos erosivos é de fundamental importância para a adequada gestão dos recursos naturais. Uma das ferramentas mais utilizadas na engenharia de sedimentos é a curva-chave de descarga sólida, uma expressão matemática que relaciona a descarga sólida com a sua vazão, a partir de medidas de amostras de sedimentos feitas a campo.

Entretanto, as atividades hidrosedimentométricas são complexas em termos operacionais e de alto custo financeiro tanto para coleta quanto para análise das amostras, de modo que somente com o monitoramento contínuo podem-se traçar diretrizes de gestão (Minella *et al.*, 2008). No Brasil, a rede sedimentométrica é relativamente pequena, dada a extensão continental do país, e dentro deste contexto, é necessário contar com metodologias que permitam transferir informações para os locais sem dados. O problema radica em que não existem metodologias consagradas, e os profissionais da área recorrem a técnicas que variam de modelagem matemática a relações empíricas, sem normalmente contar com informações que permitam validar tais metodologias.

Assim, em regiões de alta produção agrícola, onde o acompanhamento da erosão tem implicações diretas na produtividade e sustentabilidade das atividades, tais como o Planto do Rio Grande do Sul, há grandes lacunas na medição de vazões. No caso particular do rio Conceição (área aproximada de 1000km<sup>2</sup>), afluente do rio Ijuí (aproximadamente 10.500km<sup>2</sup>), unicamente é possível encontrar um único posto fluviométrico com dados sedimento métrico. Ressaltando ainda que em toda a bacia do rio Ijuí, unicamente 4 postos possuem dados suficientes para estimativas confiáveis.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo comparar os resultados de duas metodologias empíricas normalmente utilizadas na transferência de informações hidrosedimentológicas. A avaliação será realizada a partir da transferência das descargas sólidas até um posto de montante da bacia hidrográfica do rio Conceição (Conceição 75200000), a partir de informações já existentes em um posto de jusante (Ponte Nova do rio Conceição 75205000). A escolha da bacia e local é em função da inexistência de informações que permitam qualificar a qualidade das transferências na região (Bacia do Rio Ijuí), sujeita a uma indústria agropecuária intensiva.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Conceição está situada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, compreendendo os municípios de Augusto Pestana, Boa Vista do Cadeado, Ijuí e Cruz Alta. Esta região é caracterizada economicamente pelas atividades agropecuárias (lavouras anuais, pecuária de corte e de leite), apresentando um clima que de acordo com Beltrame (2000), enquadra-se como mesotérmico brando superunido sem seca (Cfa). As altitudes variam entre 300 m e 500 m com declividades entre 2,5 e 9%. Em relação aos tipos de solos, três classes predominam na região: Latossolos (maior extensão), Nitossolos e Argissolos (Streck, 2008).

Nesta bacia, que drena para a bacia hidrográfica do rio Uruguai, existem dois postos fluviométricos gerenciados pela Agência Nacional de Águas (ANA): Conceição (75200000) e Ponte Nova do rio Conceição (75205000), com áreas de drenagens de 807 km<sup>2</sup> e 970 km<sup>2</sup> respectivamente (Figura 1).



Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Conceição com seus dois Postos Fluviométricos – Conceição e Ponte Nova do rio Conceição.

A série histórica de vazões utilizada do posto Conceição corresponde ao período de 1941 a 2012 e a série do posto Ponte Nova do rio Conceição abrange o período entre 1974 a 2012. Em relação aos dados sedimentométricos, apenas o posto Ponte Nova do rio Conceição tem informações, sendo que estas estão disponíveis para o período de 1979 a 2012, totalizando 62 medições ao longo destes 33 anos de série.

Foram ainda pesquisados outras informações no Banco de Dados SNIRH da Agência Nacional de Águas foram, encontrando mais 7 postos com dados sedimentométricos na bacia do rio Ijuí, da qual o Conceição faz parte. Numa primeira avaliação, se observou que somente 3 deles possuíam série suficiente para este estudo, e ela será abordada em detalhe nos resultados.

Para estimativa da descarga sólida de sedimentos em suspensão (Dss) o primeiro passo consiste em utilizar a metodologia proposta por Carvalho (1994), na qual se utiliza a informação da concentração de sedimentos em suspensão obtida em laboratório (CSS) a partir das amostras coletadas em campo, servindo de suporte na determinação da descarga sólida de sedimentos em suspensão, através da equação 3:

$$D_{ss} = 0,0864 \cdot Q \cdot C_{ss} \quad (1)$$

Sendo Dss a descarga sólida de sedimentos em suspensão (t/d), Q a vazão do rio no momento da coleta da amostra (m<sup>3</sup>/s) e C<sub>ss</sub> a concentração de sedimentos em suspensão (mg/l).

Para a realização deste trabalho compararam-se basicamente dois métodos para transferência de informações hidrosedimentométricas: transferência proporcional à área de drenagem e transferência relativa às vazões.

No método da proporção de área foi realizada uma relação direta nas descargas sólidas de sedimentos em suspensão (Dss) com base na relação entre as áreas da bacia (equação 2):

$$D_{SS1} = \frac{A_1 \cdot D_{SS2}}{A_2} \quad (2)$$

Sendo,  $D_{SS}$  é a descarga sólida de sedimentos em suspensão (t/dia) estimada nos posto 1 e 2 respectivamente,  $A$  é a área de drenagem da bacia correspondente ( $\text{km}^2$ ).

O segundo método avaliado, é desenvolvido a partir da série histórica de vazões e sedimentos do posto com dados. Para a aplicação deste método, denominado de relações entre vazões, primeiramente é realizado o ajuste da curva-chave de sedimentos em suspensão no posto com dados (Equação 3). O método considera que a relação é válida para o posto sem dados, uma vez que a quantidade relativa de sedimentos numa bacia homogênea não iria mudar.

$$D_{SS} = aQ^b \quad (3)$$

Sendo,  $D_{SS}$  a descarga sólida de sedimentos em suspensão (t/d) e  $Q$  corresponde a sua respectiva descarga líquida e  $a$  e  $b$  são parâmetros de ajuste.

A partir desta equação, foi utilizada a vazão do posto de montante (Conceição) para obter a respectiva descarga sólida de sedimentos em suspensão, assumindo-se a hipótese da homogeneidade regional em termos de solo (uso e ocupação), geologia e climatologia.

A fim de se verificar a eficiência dos métodos, foi calculado o erro relativo das descargas sólidas obtidas pelos dois métodos testados. A equação 4 explica a forma de cálculo dos resíduos das estimativas das descargas sólidas:

$$\text{erro relativo} = \left( \frac{D_{SSA} - D_{SSQ}}{D_{SSPNC}} \right) \quad (4)$$

Sendo,  $D_{SSA}$  a descarga sólida estimada pelo método da área (t/d),  $D_{SSQ}$  é a descarga sólida estimada pelo método da vazão (t/d) e  $D_{SSCCH}$  é a descarga sólida obtida a partir da curva-chave de sedimentos (t/d).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado acima, em toda a área de drenagem da bacia do rio Ijuí existem oito postos com informações de sedimentos, no entanto apenas quatro postos apresentam uma série histórica razoável. Em três postos sedimentométricos foi feito o cálculo de descarga sólida específica (além do posto Ponte Nova do rio Conceição), obtendo-se valores de 31,03 t/ $\text{km}^2$ /ano (posto 75155000), 37 t/ $\text{km}^2$ /ano (posto 75186000) e 44,25 t/ $\text{km}^2$ /ano (posto 75295000) que representam diferenças de 28%, 53% e 83% respectivamente nos valores medidos no posto conceição.

Estas diferenças demonstram a grande heterogeneidade da bacia do rio Ijuí em termos de descargas sólidas de sedimentos e sugerem que transferências de informação sejam realizadas dentro da própria bacia do rio Conceição.

Assim, descartado o uso dos postos de bacias próximas, foram confrontados os dados de vazões entre os postos Conceição (75200000) e Ponte Nova do rio Conceição (75205000) observando-se uma forte correlação entre as mesmas, sugerindo a pertinência da aplicação das relações propostas neste estudo de caso, conforme pode ser observado na Figura 2:

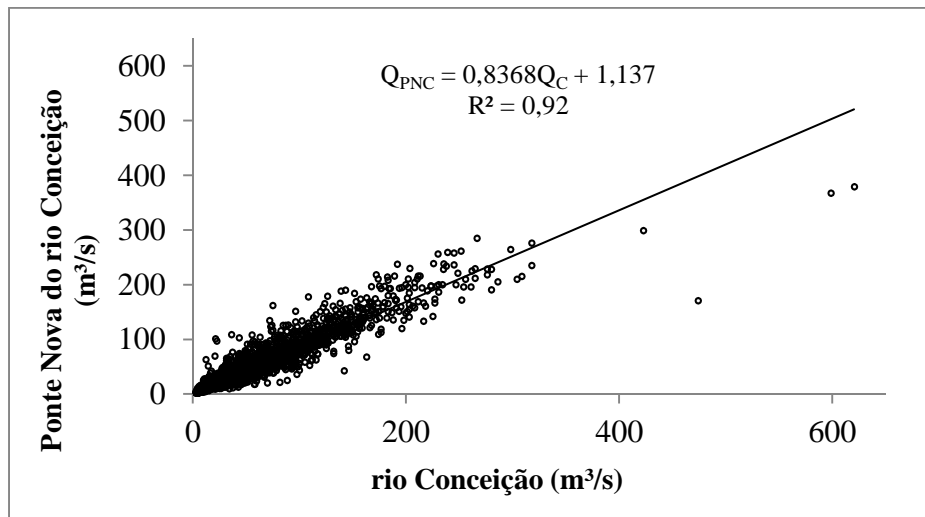


Figura 2 – Relação de vazões entre postos estudados.

Na figura 2 nota-se que há uma relação direta entre as duas grandezas envolvidas, de tal maneira que à medida que as vazões aumentam no posto de montante, o posto de jusante responde da mesma forma. No entanto, deve ser ressaltada a existência de um tempo de deslocamento da massa de água e sedimentos ao longo do canal fluvial. A figura 3 apresenta os resultados de descarga sólida de sedimentos em suspensão obtidos pela metodologia de estimativa pela proporção de área. Estenderam-se os resultados para toda a série histórica de dados, sempre comparando com os dados do posto de jusante Ponte Nova do rio Conceição.

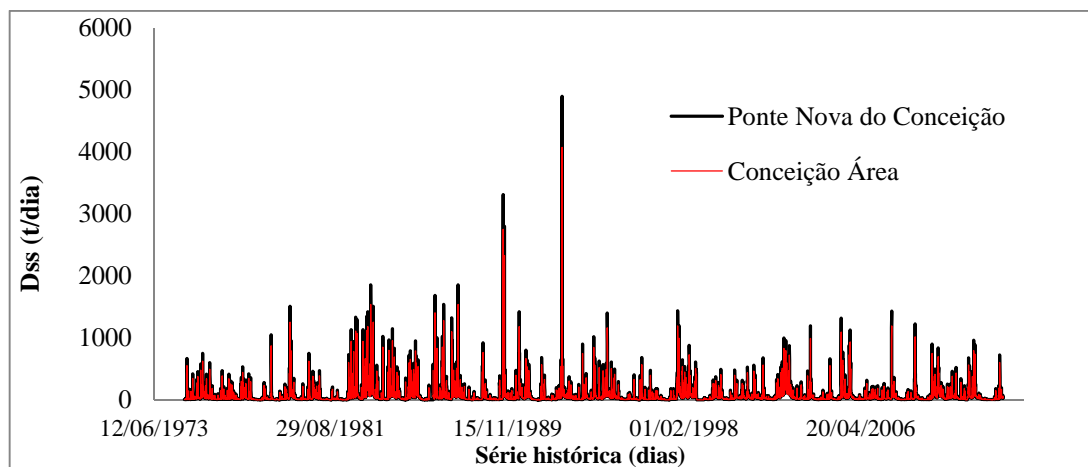


Figura 3 – Descarga sólida estimada em relação a área de drenagem.

Nota-se que sempre as descargas sólidas do posto Conceição são menores que a do posto Ponte Nova do rio Conceição. Como a área de drenagem do posto de jusante é cerca de 20%

superior ao posto de montante, as vazões são maiores e com isto sua respectiva descarga sólida é superior ao do posto Conceição.

Posteriormente foram estimados os sedimentos a partir da relação entre as vazões. Assim, tabularam-se os dados do posto Ponte Nova do rio Conceição (vazão e sedimentos) de toda a série histórica para obter-se a curva-chave de descarga sólida de sedimentos em suspensão (Figura 4a):

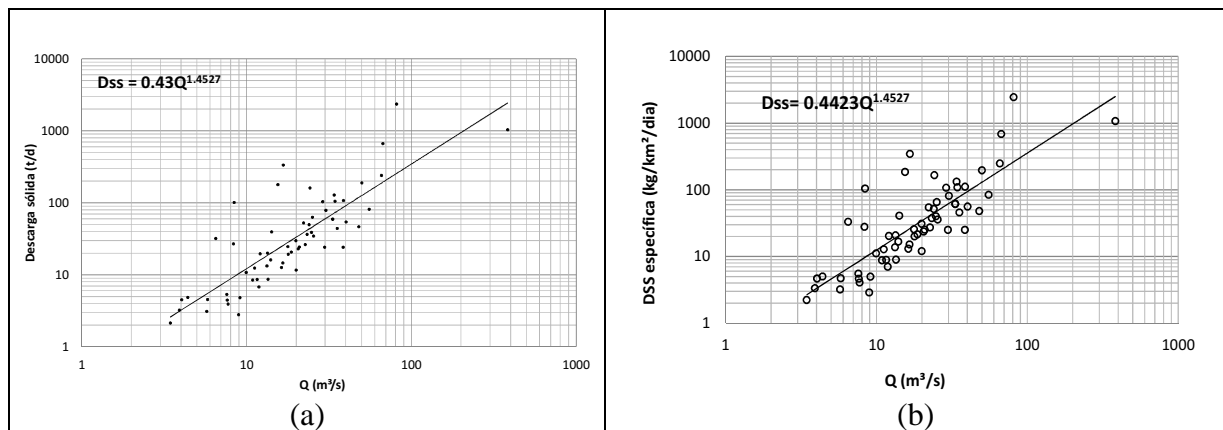


Figura 4– (a) Curva-chave de sedimentos (série histórica de 1974 a 2012) e (b) Descarga sólida específica em relação a vazão – Ponte Nova do rio Conceição.

Na Figura 4a pode-se verificar uma boa relação entre vazão líquida e vazão sólida, porém deve ser tomado o devido cuidado uma vez que o gráfico está num espaço logaritmo sugerindo uma relação não linear. A Figura 4b expõe em termos específicos esta descarga sólida, ou seja, a contribuição diária de cada km<sup>2</sup> da bacia de drenagem. Este artifício é útil na interpretação da dinâmica da bacia, pois dá um sentido mais físico aos processos envolvidos na produção de sedimentos, já que está em termos de unidade de área. A figura 5 resume os resultados da aplicação da relação entre vazões. Verifica-se que esta relação não é tão direta como se imagina, pois no fenômeno da erosão existe uma complexidade imensa nos fatores envolvidos nos processos de desagregação, transporte e deposição.

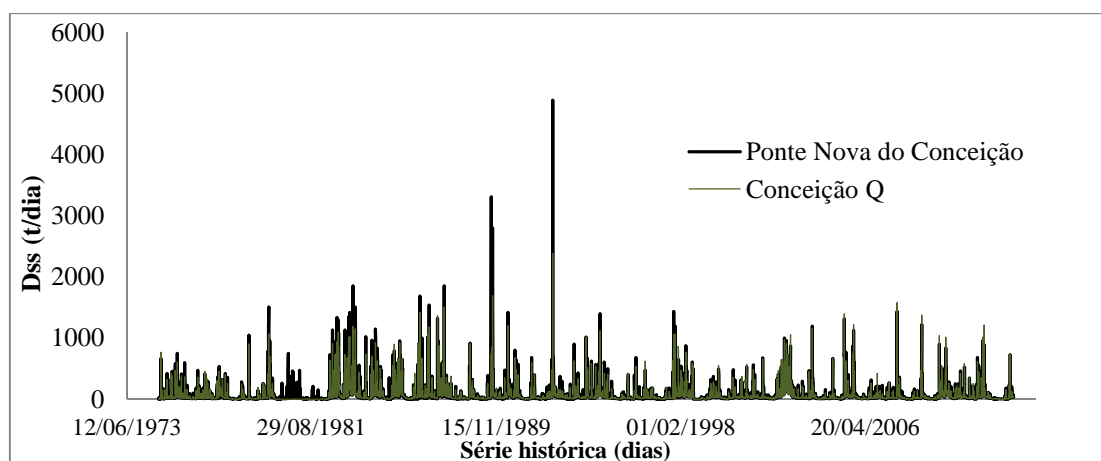


Figura 5 – Descarga sólida estimada em relação a vazão da bacia de drenagem.

Verifica-se ainda nesta figura 5 que algumas vezes as descargas sólidas do posto de montante superam a do posto de jusante. Porém em termos médios, a descarga sólida específica calculada pelo método proporcional a área da bacia ficou em torno de 24,2 t/km<sup>2</sup>/ano. Pelo método da proporção de vazões a descarga sólida de sedimentos em suspensão foi de 23,26 t/km<sup>2</sup>/ano. Já no posto Ponte Nova do rio Conceição a descarga sólida média foi de aproximadamente 24,15 t/km<sup>2</sup>/ano.

Para Carvalho (2000), descargas sólidas em suspensão específicas menores que 70 t/km<sup>2</sup>/ano, a produção de sedimentos na bacia é classificada como baixa entre 70 e 175 t/km<sup>2</sup>/ano é de média magnitude, 175 a 300 t/km<sup>2</sup>/ano é alta magnitude e acima de 300 t/km<sup>2</sup>/ano é uma descarga muito alta. Comparando-se com estes resultados, pode-se dizer que a produção de sedimentos por unidade de área da bacia é baixa. Mesmo que em alguns eventos a descarga sólida de sedimentos em suspensão supere ao posto de jusante, em termos médios os valores são muito parecidos. Isto reflete o fato da homogeneidade hidrológica, solo e relevo da bacia, na qual pode ser observado nas comparações das vazões citada anteriormente.

Desta forma, pode se dizer que o comportamento da descarga sólida de sedimentos em suspensão é válido somente para a bacia do rio Conceição, pois o fenômeno erosivo é diferenciado em toda a bacia do rio Ijuí. Toda a extrapolação deve ser limitada a área da bacia do rio Conceição (delimitada pelo posto Ponte Nova do rio Conceição, já que é o local mais a jusante na bacia). Esta característica observada alerta com os cuidados a ser levado em conta ao se extrapolar dados de sedimentos em bacias hidrográficas semelhantes (solo, uso do solo, geologia, clima, etc.).

A Figura 6 apresenta o erro relativo em função da descarga sólida do posto de jusante. Nota-se que os maiores erros estão concentrados na faixa das menores descargas sólidas. Isto permite verificar que os métodos tem uma menor incerteza nas vazões médias da bacia.

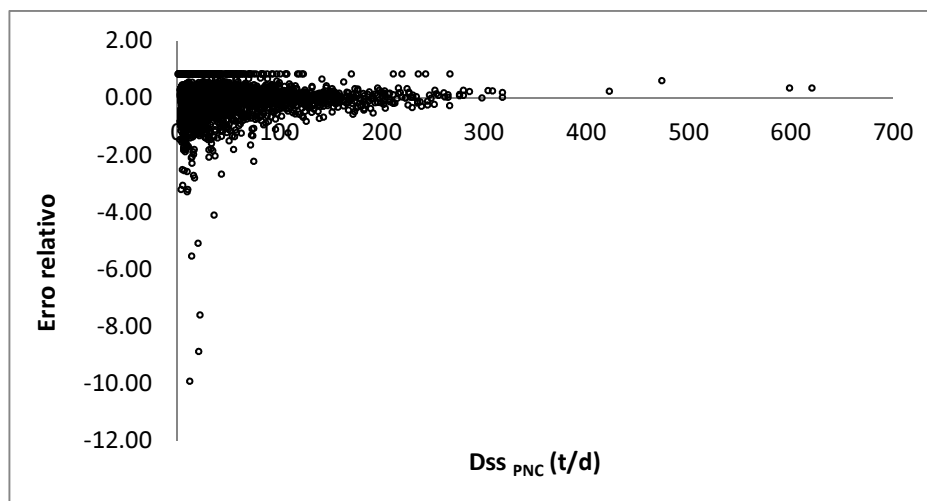


Figura 6 – Erro relativo entre os métodos testados.

Entretanto, a maior parte das observações efetivamente medida pelos técnicos correspondem as cotas baixas do rio, raramente coincidindo com eventos de grande vazões, ou seja, as medidas são feitas por campanhas de campo e não por eventos de chuva.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No método da proporção de área o valor médio de descarga sólida específica 24,2 t/km<sup>2</sup>/ano, enquanto o valor obtido pelo método da proporção das vazões ficou entorno de 23,26 t/km<sup>2</sup>/ano;

Estes valores ficaram bem próximos dos obtidos através dos eventos medidos do posto de jusante que foi de 24,15 t/km<sup>2</sup>/ano;

Não se pode afirmar qual o melhor método apresenta os valores mais coerentes com a descarga sólida da bacia, uma vez que não existem observações no posto Conceição;

O método relativo às vazões mostrou que em alguns eventos as descargas sólidas do posto de montante superam as de jusante, demonstrando a fragilidade das extrapolações. Isto torna evidente a necessidade de pesquisar e consolidar metodologias de extrapolação de dados e dotar o Brasil de uma rede de monitoramento hidrossedimentométrico de padrão internacional;

Os erros relativos concentraram-se na faixa das menores descargas sólidas de sedimentos em suspensão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, pela concessão da bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

BELTRAME, L. F. de S. (coord.), *Consistência de Dados Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Uruguai, Sub-Bacia 75*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 2000.

Carvalho, N. O. (1994). *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: CPRM, 372p.

Carvalho, N. O.; Filizola JR, N. P.; Santos, P. M. C.; Lima, J. E. F. W. (2000). *Guia de práticas sedimentométricas*. Brasília: ANEEL, 132p.

HOROWITZ, A.J. (2003) *An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations*. Hydrol. Process. 17, pp. 3387–3409.

MINELLA, J.P.G. et al. (2008). *Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem*. Hydrological Processes, v. 22, n. 12, pp. 1819-1830.

Santos, I.; Fill, H. D.; Sugai, M. R. V. B.; Buba, H.; Kishi, R. T.; Marone, E.; Lautert, L. F. (2001). *Hidrometria Aplicada*. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372p.

STRECK, E.V. et al (2008). *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 222p.