

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# RELAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO COM A VELOCIDADE MÉDIA DO ESCOAMENTO EM UMA PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUL DO BRASIL

*Victória de Souza Wojahn<sup>1</sup>; Gabriela dos Santos Barboza<sup>2</sup>; Paula Krummreich Schumann<sup>2</sup>; George Marino Soares Gonçalves<sup>3</sup>; Guilherme Kruger Bartels<sup>4</sup>; Viviane Santos Silva Terra<sup>5</sup>; Gilberto Loguercio Collares<sup>6</sup>*

**RESUMO** – O transporte dos sedimentos em suspensão é constituído por partículas mais finas, mantidas distantes do leito do canal pelo movimento da água e somente se depositam quando a velocidade do escoamento diminui. Neste estudo foi analisado a relação entre a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) e a velocidade média do escoamento na bacia hidrográfica do Arroio do Ouro. Também foi analisado o comportamento da granulometria em diferentes velocidades. A função potencial gerou um bom ajuste entre a concentração de sedimento em suspensão e a velocidade média de escoamento. A medida que a velocidade média do escoamento tornou-se mais alta, ocorreu um aumento da CSS e do teor de areia em suspensão.

**Palavras-Chave** – Bacia hidrográfica; Transporte de sedimentos; Regressão.

**ABSTRACT**– The transport of suspended sediments consists of finer particles that keeps distance from the bed channel by the water movement and only deposited when the flow velocity decreases. In this study was possible to understand the relationship between concentration of suspended sediment and flow velocity at Arroio do Ouro catchment. We also analyzed the behavior of granulometry at different flow velocities, and it showed that concentration of silt behaves inversely to velocity, and the concentration of sand fraction increased with the increase of the velocity.

**Key words** – Catchment; Sediment transport; Regression.

## 1. INTRODUÇÃO

Sedimentos são partículas derivadas de rochas, ou de agentes biológicos, que podem ser transportados por um fluido. Estas partículas provêm da fragmentação das rochas por processos físicos ou químicos e transportadas pela água ou pelo vento do lugar de origem até os rios e locais de deposição, ou seja, é o material sólido em suspensão na água ou depositado no leito (CARVALHO 2008).

<sup>1</sup> Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, victoriawojahn@hotmail.com;

<sup>2</sup> Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, gabrielasb98@hotmail.com; paula-ks@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos na UFPel, george.marino.goncalves@gmail.com;

<sup>4</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental na UFRGS/IPH, guilhermebartels@gmail.com;

<sup>5</sup> Profª. Adjunta do CDTec, Curso de Engenharia Hídrica, UFPel/Campus Anglo, Pelotas-RS, vsssterra10@gmail.com

<sup>6</sup> Prof. Titular do CDTec, Curso de Engenharia Hídrica, UFPel/Campus Anglo, Pelotas – RS, gilbertocollares@gmail.com (orientador)

O uso intensivo e a degradação do solo em uma bacia hidrográfica trazem como consequência a erosão, causando o assoreamento e a contaminação dos cursos de água, deixa-o mais suscetível a processos erosivos e, conseqüentemente, ao escoamento superficial e a produção de sedimentos, por isso, as práticas de manejo adotadas são de grande importância para a conservação do solo e da água (COSTA *et al.*, 2015).

A erosão é um problema que atinge diversas áreas e mesmo sendo um processo natural, a ação antrópica acelera-o de maneira negativa, portanto o estudo do transporte de sedimentos é importante para melhor compreensão do quadro atual de erosão hídrica e para tomada de decisões visando a solução dos problemas a ela relacionados (MARCELINO, 2009).

O transporte em suspensão é constituído por partículas mais finas, mantidas distantes do leito do canal pelo movimento da água e somente se depositam quando a velocidade do escoamento diminui. O transporte no leito, caracteriza-se por ser governado basicamente pela gravidade o que faz com que os sedimentos rolem, saltem e sejam arrastados pelo fluxo, por isso este é o modo de transporte das partículas mais grosseiras (CRISPIM *et al.*, 2015).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar a relação da concentração de sedimento em suspensão com a velocidade média do escoamento de uma pequena bacia hidrográfica na metade sul do Rio Grande do Sul, Brasil.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Arroio do Ouro, localizada entre os municípios de Morro Redondo e Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. A bacia hidrográfica possui uma área de 17,17 km<sup>2</sup> e está situada entre as coordenadas UTM 352243,02 e 346693,81 de longitude Oeste e 6506001,84 e 6500135,29 de latitude Sul (Figura 1).

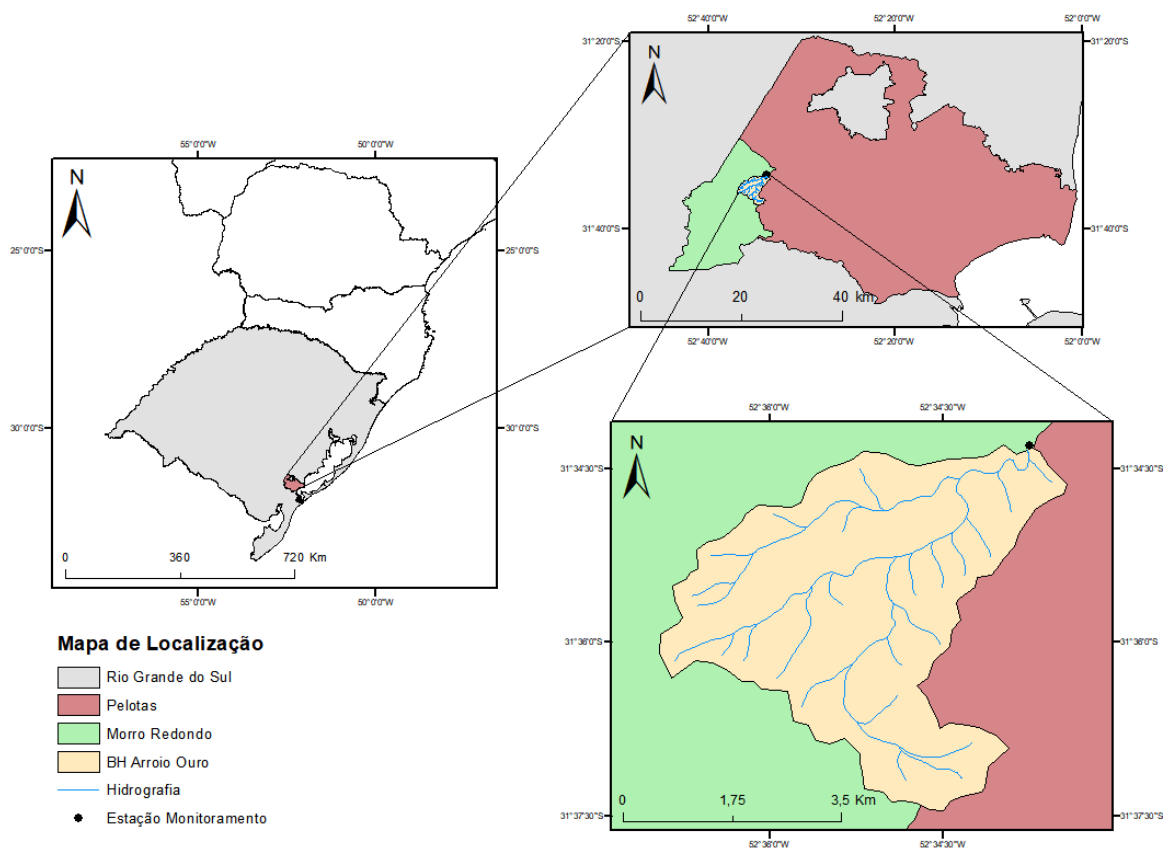


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Arroio do Ouro.

Para a realização deste trabalho uma seção de controle hidrométrico e sedimentológico foi definida como base para o monitoramento (351748,56 de latitude sul e 6506000,57 de longitude oeste, coordenadas UTM), disposta em um trecho do Arroio do Ouro, com declividade do leito de  $0.023 \text{ m m}^{-1}$ .

O monitoramento da concentração de sedimento em suspensão (CSS) ocorreu no período de janeiro a outubro de 2014, totalizando 29 medições. As amostragens foram conduzidas utilizando os amostradores do tipo USDH-48 e USDH-59 para a obtenção de uma série de dados de concentração de sedimentos em suspensão. As amostragens foram realizadas conforme a variação na altura da lâmina de água, sendo o número e a frequência de amostragem definidos de acordo com as condições de cada evento de precipitação. O amostrador USDH-48 é utilizado em medições a vau, em profundidades reduzidas e com baixas velocidades. Já o USDH-59 foi utilizado com auxílio de um guincho hidrométrico empregado para realizar medições em situações de profundidades maiores e de elevada velocidade. O procedimento para obtenção das amostras, na seção de controle, foi realizado com a movimentação vertical do amostrador, sempre em velocidade constante, entre a superfície e um ponto localizado aproximadamente 11 cm acima do leito. As amostras foram coletadas nas mesmas verticais de medição da velocidade. Ao final da medição, as amostras de cada vertical foram

agrupadas em uma amostra composta. Maiores detalhes sobre a metodologia de amostragem e os procedimentos utilizados estão descritos no trabalho de Bartels (2015).

A determinação da  $C_{ss}$  foi obtida pelo método da evaporação, adaptado de Carvalho (2008), realizado no laboratório de Solos e Hidrossedimentologia do curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). As amostras provenientes do campo foram colocadas em um becker de vidro, previamente pesadas, obtendo o peso total da amostra. Logo após terem sido submetidas a repouso durante um período de 48 h, foi retirada uma alíquota de 50 ml de cada becker para descontar os sólidos dissolvidos. Imediatamente, foram levadas para estufa a 105°C até obtenção de massa constante, consideradas secas, determinando a massa do sedimento, para posterior determinação da  $C_{ss}$ . A velocidade de deslocamento da água na seção de controle foi medida com o auxílio do molinete hidrométrico OTT C31 onde o número de rotações é convertido em velocidade, através de equações fornecidas pelo fabricante.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para verificar a relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a velocidade do escoamento, foi instituída uma análise de regressão, que é uma técnica estatística que tem como objetivo investigar e modelar a relação entre variáveis. A regressão é um dos modelos causais mais conhecidos e utilizados, que consiste de uma variável chamada de dependente estar relacionada a uma ou mais variáveis independentes por uma equação (KRAJEWSKI *et al.* 2009).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 melhor é o modelo para representar a relação entre os valores analisados (BARBOZA, *et al.* 2018). A função potencial apresentou o melhor ajuste em relação às demais funções, com  $R^2 = 0,745$  (Figura 2).

Na bacia hidrográfica do Arroio do Ouro a concentração de sedimentos em suspensão aumenta com a velocidade do escoamento, já que os maiores valores de  $C_{SS}$  foram observados com velocidades mais altas (Figura 2). Isso se deve ao fato de que em baixas velocidades diminui a energia do escoamento ocorrendo o processo de deposição do material em suspensão.

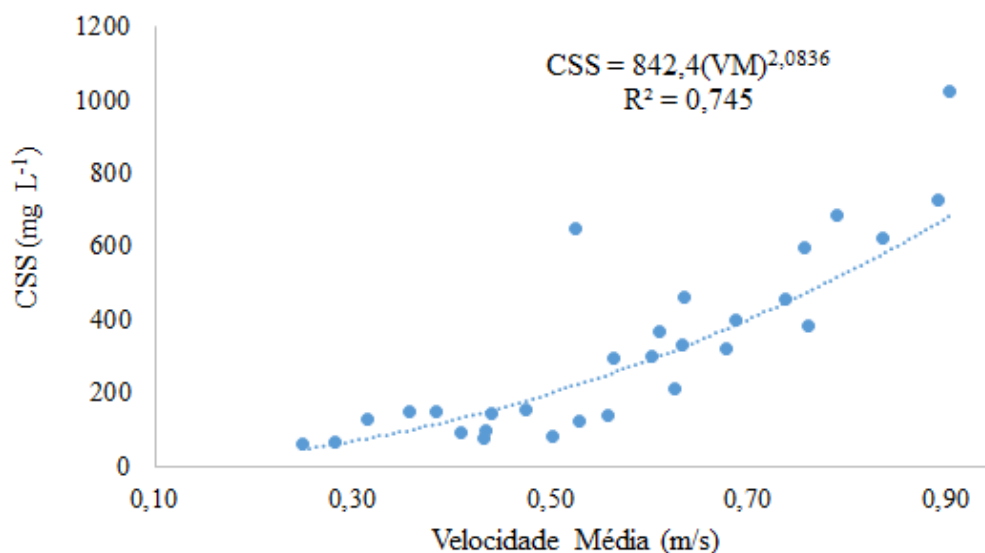


Figura 2 – Gráfico de regressão entre a Velocidade Média (VM) e Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS).

É possível visualizar dois valores discrepantes, que se diferem consideravelmente apresentando um comportamento diferente dos demais. Estes valores atípicos podem ter origem em erros de operação na amostragem em campo ou erros relacionados a determinação da CSS no laboratório. Também podem estar relacionados com a disponibilidade de sedimento para ser transportado. Muitas vezes, devido às características dos eventos anteriores o sedimento acaba se depositando no leito, tornando-se disponível para os próximos eventos, mesmo com velocidades mais reduzidas.

Na medição realizada no dia 10/09/2014 (com velocidade de  $0,526 \text{ m s}^{-1}$  e CSS  $649,93 \text{ mg L}^{-1}$ ), a CSS é muito maior, quando comparada com outras amostras com velocidades parecidas. Os cinco eventos anteriores a este são eventos de menor magnitude (veja em Bartels, 2015). De acordo com Jansson (2002), estes são os responsáveis pela deposição do sedimento na calha fluvial. Assim, o sedimento depositado nos eventos anteriores foi transportado por um evento de maior dimensão, que é o evento do dia 10/09/2014 (Bartels, 2015).

O comportamento da granulometria dos sedimentos em suspensão, caracterizado pela porcentagem de areia, silte e argila, é variável em relação às condições de escoamento do curso d'água (Figura 3).

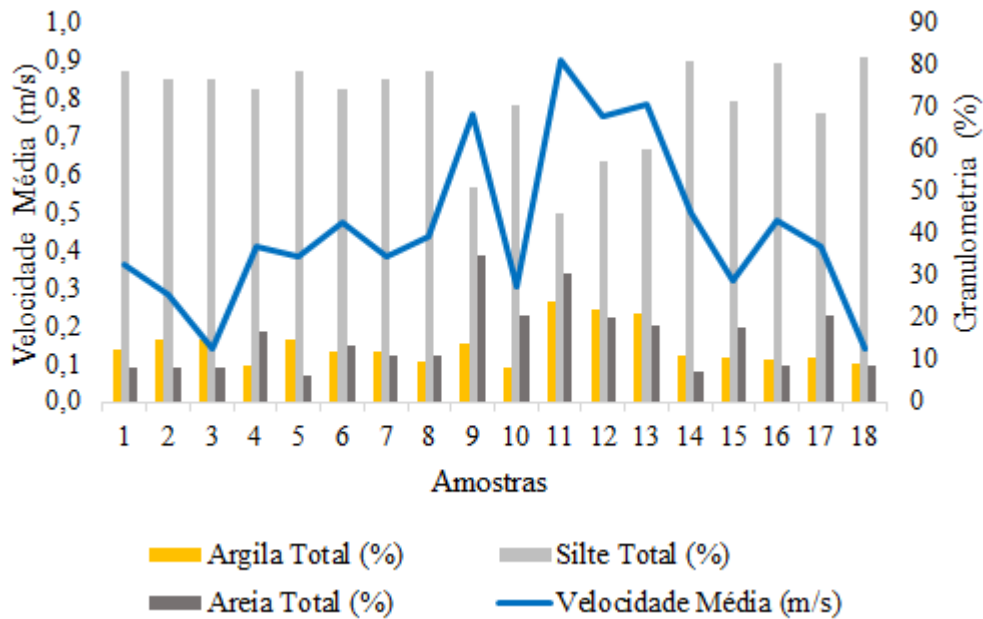


Figura 3 – Porcentagem de areia, silte e argila em diferentes velocidades.

Observa-se que as maiores porcentagens de silte são encontradas onde a velocidade média é menor. Já o teor de areia e argila, em quase todas as observações, se comportam de maneira semelhante, sendo que o conteúdo de areia em suspensão aumenta sob condições de velocidade mais elevada. Isso se deve ao fato de que partículas sólidas mais finas com velocidades baixas tendem a permanecerem suspensas e as partículas maiores tendem a se depositarem no leito pela ação da gravidade, pois as forças exercidas pelo escoamento já não conseguem manter o transporte desses sedimentos em suspensão.

Sob condições de velocidade média maiores que  $0,7 \text{ m s}^{-1}$  a porcentagem de areia aumentou consideravelmente enquanto o teor de silte diminuiu. Nestas condições, a maior velocidade do escoamento auxilia a manter e transportar partículas mais pesadas, sendo capazes de movimentar as partículas com maior diâmetro, como a areia no leito, fazendo com que os sedimentos sejam suspensos novamente.

#### 4. CONCLUSÕES

A função potencial gerou um bom ajuste para os dados apresentados, gerando um modelo estatístico adequado para as variáveis estudadas, mas para um resultado mais representativo seria necessário um número maior de medições.

No trecho estudado do Arroio do Ouro, a concentração de sedimentos em suspensão e a granulometria destes sedimentos estão relacionados com a velocidade do escoamento. Sob condições de velocidade média de escoamento mais altas aumentou-se a CSS e o teor de areia em suspensão.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, G. S., GONÇALVES, G. M. S., POSSA, T. M., KRUGER, G., & COLLARES, G. L. (2018). "Estimativa de cotas no arroio Pelotas a partir de dados a montante" in Anais do XXVII Congresso de Iniciação Científica, Pelotas, Out. 2018.

BARTELS, G. K. *Monitoramento hidrossedimentológico numa bacia hidrográfica do Escudo Sul-Rio-Grandense*. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas.

CARVALHO, Newton de O. *Hidrossedimentologia prática: Interciência*. 2ª ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro, 2008.

COSTA, C. D. de O., ALVES, M. C., SILVA, H. R., SOUSA, A. de P., GONZÁLEZ, A. P., & AVALOS, J. M. M. (2015). *A degradação do solo em uma bacia hidrográfica traz como consequência a erosão, causando o assoreamento e a contaminação dos cursos de água. O uso intensivo do solo deixa-o mais suscetível a processos erosivos e, conseqüentemente, ao escoamento superficial*. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015.

CRISPIM, D. L., ISMAEL, L. L., DE SOUZA, T. M. I., GARRIDO, J. W. A., QUEIROZ, M. M. F. (2015). *Transporte e caracterização de sedimentos de fundo no Rio Piranhas em uma seção de controle próximo á sede do Município De Pombal-Pb*. Holos, vol.3. pp. 93-101.

JANSSON, M. B. (2002). *Determining sediment source areas in a tropical river basin, Costa Rica*. Catena, v. 47, p. 63-84.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MARCELINO, L. (2009). *Transporte de sedimentos em suspensão nos rios Catarinenses*. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.