

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SEDIMENTOS DEPOSITADOS NO ARROIO PELOTAS

Guilherme Krüger Bartels^{1}; Gilberto Strieder²; Luciana da Silva Corrêa Lima²; Renan Souza Silva³; Matheus Torres Caldeira⁴; Caroline Perez Lacerda da Silveira¹; Michele Dubow⁵; Mauricio Dai Prá⁶; Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki⁶*

Resumo – Devido ao sedimento proveniente da erosão hídrica ser um dos principais contribuintes do assoreamento de cursos d’água, causando grandes impactos no ambiente, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar física e hidricamente os sedimentos depositados no Arroio Pelotas, com o intuito de caracterizar e compreender o comportamento desse material. Foi realizada uma caminhada de aproximadamente 300 metros pelo leito do arroio onde se realizou a coleta de amostras de sedimentos com estrutura preservada nos bancos de areia em diferentes camadas de depósito. Foram nove pontos de coleta, sendo determinado em laboratório a condutividade hidráulica do sedimento saturado, a densidade, a macroporosidade, a microporosidade e a porosidade total. Os depósitos de sedimentos possuem diferentes alturas, devido ao nível, vazão e conformação do canal nos diferentes pontos de amostragem. Estes depósitos de sedimentos no arroio apresentam características físicas e hídrica semelhantes, caracterizando a baixa variabilidade entre os depósitos. A elevada macroporosidade e microporosidade mínima caracterizam a baixa adsorção de água nos sedimentos. Devido aos baixos valores de densidade e elevados valores de macroporosidade, os depósitos de sedimentos apresentam pouca estabilidade, podendo apresentar movimentação em períodos de aumento de vazão do arroio.

Palavras-Chave – Assoreamento; banco de areia.

PHYSICAL AND HIDRICAL CHARACTERIZATION OF SEDIMENTS DEPOSITED IN THE ARROIO PELOTAS

Abstract – Due to the sediment from water erosion be one of the main component of the reduction of the rive channel, causing great impacts in the environment, the objective of the present research was characterize physic and hidric the sediments deposited in the “Arroio Pelotas”, with the intention of characterize and understanding the behavior of that material. A walk of around 300 meters was accomplished in the river to take samples of sediments with preserved structure in the sandbanks in different deposit layers. They were nine sampling points, being determined in laboratory the hydraulic conductivity of the saturated sediment, the bulk density, the macroporosity, the microporosity and the total porosity. The deposits of sediments possess different heights, due to the water flow and resignation of the channel in the different sampling points. These deposits of sediments in the river present similar physical and hidrical characteristics, characterizing the low variability between the deposits. The high macroporosity and minimum microporosity characterize

¹ Discente; Universidade Federal de Pelotas (UFPel); Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

² Discente; UFPel; Engenharia Agrícola.

³ Discente; UFPel; Agronomia.

⁴ Discente; UFPel; Engenharia Hídrica.

⁵ Discente; UFPel; Química (Licenciatura).

⁶ Docente; UFPel; Centro de Desenvolvimento Tecnológico.

* Autor Correspondente: guilhermebartels@gmail.com

the low adsorption of water in the sediments. Due to the low density values and high macroporosity values, the deposits of sediments present little stability, and could present the movement in periods of increase of water flow of the river.

Keywords – Sedimentation; sandbank in the river.

INTRODUÇÃO

Os sedimentos tem sua origem no processo erosivo do solo, sendo que a erosão predominante que gera os sedimentos é a erosão hídrica. Características morfológicas do relevo e de vertentes, características intrínsecas do solo como a erodibilidade, fatores climáticos, principalmente a precipitação, e o uso do solo de uma bacia hidrográfica, são parâmetros importantes no processo erosivo (Simões e Coiado, 2001).

A área da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) encontra-se na província geomorfológica do Escudo Sul-Rio-Grandense, mais precisamente nas regiões fisiográficas da serra do sudeste e encosta do sudeste, caracterizando por apresentar predomínio de solos do tipo: Argissolos, Neossolos, Planossolos e Cambissolos (Streck *et al.* 2008). Em trabalhos realizados em municípios localizados no Escudo Sul-Rio-Grandense, Cunha *et al.* (1996) analisando os solos do município de Morro Redondo, observaram que 86% das áreas podem ser cultivadas com culturas anuais, mas podem ocorrer sérios riscos de degradação por erosão. Em outro estudo no município de Pelotas, Cunha e Silveira (1996) relataram que nas áreas altas, correspondentes a 30,9% da área total do município, estas apresentam nas áreas de uso intensivo, fortes efeitos de erosão laminar. Analisando os dados dos trabalhos de Cunha *et al.* (1996) e Cunha e Silveira (1996), observou-se que a área representada pela BHAP apresenta predominância de solos de textura franco arenosa a franco argilo arenosa, solos estes suscetíveis à erosão.

O movimento de sedimentos em rios pode ocorrer de duas maneiras: transporte de sedimento em suspensão e transporte no leito. O transporte em suspensão é mantido pelo movimento da água, sendo constituído de partículas menores. Já o transporte de leito, caracteriza-se por ser basicamente governado pela gravidade, fazendo com que os sedimentos rolem, saltem e sejam arrastados pelo fluxo, sendo este o modo de transporte das partículas maiores (Campos e Freitas, 2007).

Bertol *et al.* (2010) estudando o transporte de sedimentos pela enxurrada sob três diferentes sistemas de manejo de soja, concluíram que em solos sem cultivos, ocorreu transporte de sedimentos de maior tamanho em maior quantidade, enquanto que em solos com cultivo ocorreu maior transporte de sedimentos menores.

O processo de assoreamento dos cursos d'água tem como principal contribuinte o sedimento proveniente da erosão do solo depositando-se ao longo do leito e sendo este um dos mais importantes impactos causados pela erosão no ambiente, provocando perdas da capacidade de armazenamento d'água, enchentes, incremento de poluentes químicos e gerando prejuízos ao abastecimento e produção de energia (Kertzman *et al.*, 1995).

Considerando a importância do estudo de sedimentos, o objetivo do trabalho foi caracterizar física e hidricamente os sedimentos depositados no Arroio Pelotas, com o intuito de compreender o comportamento desse material.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Arroio Pelotas, localizado na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, a maior bacia existente no município de Pelotas/RS, com extensão de aproximadamente 99 km, com área total de aproximadamente 91.000 hectares e localizada na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo os municípios de Canguçu, Morro Redondo, Arroio do Padre e Pelotas.

A Estação de Tratamento de Água Sinnott tem uma adutora que capta uma parcela do volume de água do Arroio Pelotas, a qual abastece alguns bairros (Pestano, Sanga Funda, Areal, Jardim Europa, COHAB Tablada, COHAB Lindóia, Santa Rita de Cássia, Getúlio Vargas e Balneário Santo Antônio) da cidade de Pelotas.

Em maio de 2012 foi feita uma caminhada de aproximadamente 300 metros no Arroio Pelotas, momento em que o arroio apresentava baixo nível e vazão e permitia a caminhada e a visualização de depósitos de sedimentos (Figura 1). Nestes depósitos de sedimentos foram realizadas coletas de amostras com sua estrutura preservada em cilindros de aço/inox com 4,7 cm de diâmetro e 3,0 cm de altura, em diferentes camadas dos depósitos de sedimentos, que variaram de 0 a 5 até 20 a 25 cm, de acordo com a altura do depósito (Figura 2). Para cada camada coletada em cada ponto foram feitas três repetições.



Figura 1. Arroio Pelotas no momento da caminhada para coleta das amostras de sedimentos com sua estrutura preservada (a) e depósito de sedimentos onde foi realizada uma das amostragens (b)



Figura 2. Coleta de amostras com estrutura preservada nos depósitos de sedimentos no Arroio Pelotas

As amostras coletadas foram utilizadas para determinação da condutividade hidráulica do sedimento saturado em laboratório, utilizando-se um permeâmetro de carga constante (Libardi, 2005), da macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50 μm), da microporosidade (poros de

diâmetro menor que 50 μm), da porosidade total (EMBRAPA, 1997) e da densidade (Blake e Hartge, 1986).

Para isso, as amostras com estrutura preservada foram saturadas por capilaridade e encaminhadas à mesa de tensão, onde aplicou-se uma tensão de 6 kPa, permanecendo as amostras na mesa por aproximadamente 48 horas para que toda a água retida nas amostras de sedimentos nesta tensão fosse drenada. Após esse período as amostras foram novamente saturadas e realizada a condutividade hidráulica da amostra saturada (Figura 3). Em seguida, as amostras foram encaminhadas à estufa a 105 °C, onde permaneceram por aproximadamente 48 horas.



Figura 3. Amostras com estrutura preservada sendo saturadas (a), na mesa de tensão (b) e realizando a condutividade hidráulica da amostra saturada (c).

A macroporosidade (equação 1), a microporosidade (equação 2), a porosidade total (equação 3), a densidade do solo (equação 4) e a condutividade hidráulica (equação 4) foram calculadas a partir dos dados obtidos, da seguinte forma:

$$\text{Macroporosidade} = \frac{\text{peso amostra saturada} - \text{peso amostra após mesa tensão}}{\text{volume do cilindro de coleta}} \quad (1)$$

$$\text{Microporosidade} = \frac{\text{peso amostra após mesa tensão} - \text{peso amostra após estufa}}{\text{volume do cilindro de coleta}} \quad (2)$$

$$\text{Porosidade total} = \text{macroporosidade} + \text{microporosidade} \quad (3)$$

$$\text{Densidade} = \frac{\text{peso amostra após estufa}}{\text{volume do cilindro de coleta}} \quad (4)$$

$$K_{\text{sat}} = \frac{V \times L}{A \times t \times (h + L)} \quad (5)$$

Onde: K_{sat} = condutividade hidráulica da amostra saturada (mm h^{-1}); V = volume de água conduzido pela amostra (mm^3); L = altura da amostra (mm); A = área da seção transversal da amostra (mm^2); t = tempo de leitura (horas); h = carga hidráulica no topo da amostra (mm).

Os pontos de amostragem (Figura 4) foram marcados com o uso de um GPS (*Global Position System*) de navegação, totalizando nove pontos de amostragem, onde as coordenadas geográficas destes pontos foram apresentadas na Tabela 1.

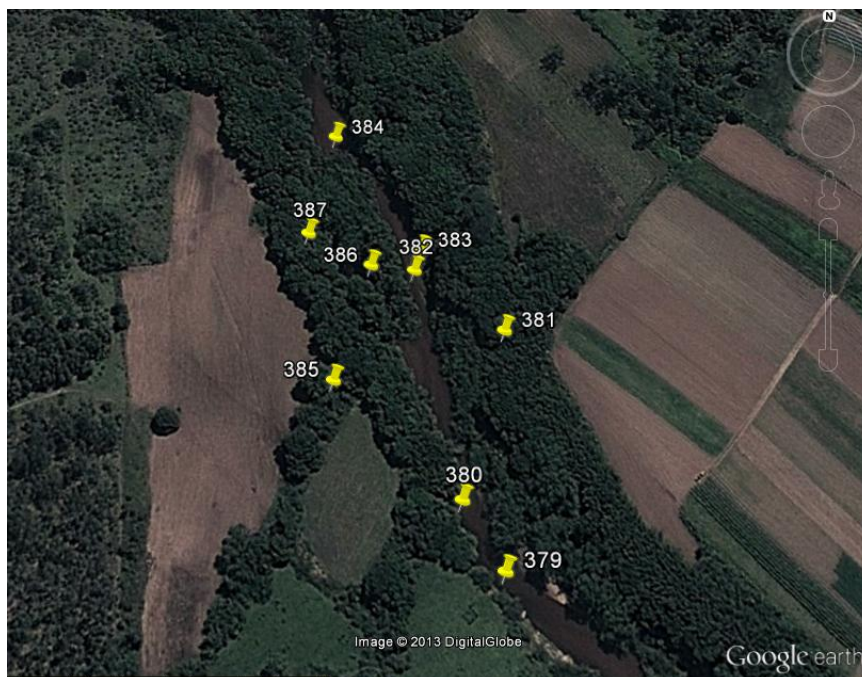


Figura 4. Pontos de amostragem ao longo do Arroio Pelotas. Imagem do *Google Earth* obtida no dia 12/02/2011.

A análise estatística constou de uma análise descritiva, através da determinação do valor médio, maior e menor valor, valor mediano e desvio padrão do conjunto de amostras coletadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos de amostragem avaliados apresentaram diferentes profundidades devido a espessura da camada de sedimentos (Tabela 1). Conforme se aprofundava no perfil, ocorria a ascensão capilar da água do arroio, impedindo a coleta em maiores profundidades. A espessura da camada de sedimentos variou devido aos diferentes níveis, vazões e conformação do canal nos diferentes pontos de amostragem ao longo do leito do arroio.

As variáveis físicas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo) e hídrica (condutividade hidráulica) apresentaram baixa dispersão dos dados, representado pelo baixo valor desvio padrão, indicando homogeneidade das características entre os pontos de amostragem (Tabela 1). Embora os dados apresentem um baixo desvio padrão, é necessário que a área de amostragem ao longo do leito do arroio seja maior de forma a melhor representar a bacia hidrográfica, considerando suas diferenças.

Em comparação a áreas agrícolas, a porosidade total dos bancos de areia foi baixa, assim como a microporosidade. Por outro lado a macroporosidade foi elevada, associada aos sedimentos serem constituídos basicamente por areia. A característica arenosa dos sedimentos pode estar associada à camada superficial arenosa dos solos presentes na bacia, de origem granítica. Devido a elevada macroporosidade, a condutividade hidráulica foi extremamente elevada. A macroporosidade tem estreita relação com a condutividade hidráulica, pois é principalmente por estes poros de maior diâmetro que ocorre o fluxo de água. A microporosidade, responsável pela

retenção da água, foi baixa, e essa é uma informação importante, pois alguns organismos sobrevivem na água adsorvida nos sedimentos.

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica e estatística descritiva de sedimentos depositados no Arroio Pelotas.

Camada cm	*Macro m³ m⁻³	Micro m³ m⁻³	PT m³ m⁻³	Densidade Mg m⁻³	Ksat m h⁻¹
Ponto 379 – Latitude: 31°34'20,23"S Longitude: 52°27'53,59"W					
0-5	0,24	0,04	0,28	1,36	10,72
5-10	0,27	0,05	0,32	1,25	11,49
10-15	0,25	0,05	0,30	1,34	14,47
15-20	0,27	0,05	0,32	1,33	8,13
20-25	0,24	0,04	0,29	1,38	10,46
25-30	0,27	0,06	0,33	1,49	8,09
Ponto 380 – Latitude: 31°34'19,38"S Longitude: 52°27'55,23"W					
0-5	0,27	0,06	0,33	1,45	6,74
5-10	0,26	0,06	0,32	1,48	13,61
Ponto 381 – Latitude: 31°34'17,15"S Longitude: 52°27'53,64"W					
0-5	0,30	0,10	0,40	1,24	8,61
5-10	0,31	0,06	0,37	1,27	7,46
10-15	0,28	0,06	0,34	1,30	6,42
15-20	0,28	0,08	0,35	1,43	9,51
Ponto 382 – Latitude: 31°34'16,34"S Longitude: 52°27'55,08"W					
0-5	0,33	0,05	0,37	1,37	7,91
5-10	0,35	0,04	0,39	1,31	15,38
10-15	0,32	0,06	0,38	1,32	7,77
15-20	0,33	0,05	0,38	1,44	12,08
Ponto 383 – Latitude: 31°34'16,04"S Longitude: 52°27'54,98"W					
0-5	0,28	0,05	0,33	1,52	4,81
Ponto 384 – Latitude: 31°34'14,37"S Longitude: 52°27'56,47"W					
0-5	0,31	0,04	0,36	1,41	9,62
5-10	0,30	0,04	0,34	1,43	9,94
Ponto 385 – Latitude: 31°34'17,90"S Longitude: 52°27'56,24"W					
0-5	0,37	0,05	0,42	1,28	5,24
5-10	0,37	0,05	0,42	1,27	8,50
10-15	0,41	0,05	0,46	1,25	8,58
Ponto 386 – Latitude: 31°34'66,29"S Longitude: 52°27'55,77"W					
0-5	0,29	0,07	0,36	1,50	1,95
Ponto 387 – Latitude: 31°34'15,85"S Longitude: 52°27'56,80"W					
0-5	0,32	0,05	0,37	1,36	6,31
5-10	0,34	0,06	0,40	1,35	5,59
Valor médio	0,30	0,06	0,36	1,37	8,78
Maior valor	0,41	0,10	0,46	1,52	15,38
Menor valor	0,24	0,04	0,28	1,24	1,95
Valor Mediano	0,30	0,05	0,36	1,36	8,50
Desvio padrão	0,04	0,01	0,04	0,08	3,11

*Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; PT: porosidade total; Densidade: densidade aparente da amostra; Ksat: condutividade hidráulica da amostra saturada.

Os valores de densidade apresentaram uma tendência de aumento nas camadas mais profundas, fato que pode estar associado ao peso dos sedimentos das camadas superiores pressionando as camadas inferiores, aumentando a densidade. Pelos valores de densidade e macroporosidade, os bancos de areia possuem baixa estabilidade, o que pode representar a mobilidade destes sedimentos com aumento da vazão do arroio. Por ser um sedimento constituído basicamente por areia, este material pode causar danos e prejuízos a tubulações de irrigação e sistemas de bombeamento, por exemplo. Franco e Hernandez (2009) verificaram que sólidos suspensos na água de irrigação apresentaram médio a alto risco de obstrução de sistema de irrigação localizada.

O conhecimento das propriedades físicas e hídricas do solo na agricultura é amplamente conhecido, sendo associado a projetos de irrigação, manejo e conservação do solo, dentre outras finalidades. Na hidrossedimentologia, hidrologia e limnologia, o conhecimento das características físicas e hídricas dos sedimentos é importante, porém, poucos estudos são desenvolvidos nesse sentido. Souza *et al.* (2007) chamaram a atenção que a aceleração de processos erosivos e deposição de sedimentos transportados pelos rios podem comprometer todo o equilíbrio de unidades e dinâmica hidrológica do pantanal da Nhecolândia. Os sedimentos que formam agregados se constituem em complexos microecossistemas com comunidades biológicas ativas e microprocessos químicos que controlam sua estrutura (Poletto e Castilhos, 2008).

Embora a área de amostragem ao longo do leito do Arroio Pelotas (aproximadamente 300 metros e nove pontos de amostragem) não seja representativa de toda a bacia, que possui 99 km de extensão, esta análise preliminar fornece informações pertinentes sobre os sedimentos depositados no arroio, tanto em termos de características físico-hídricas quanto à variabilidade destas características, permitindo um novo planejamento de amostragem no leito do arroio em função dos usos e características dos solos presentes na bacia.

CONCLUSÕES

Os depósitos de sedimentos possuem diferentes alturas, devido ao nível, vazão e conformação do canal nos diferentes pontos de amostragem.

Estes depósitos de sedimentos no arroio apresentam características físicas e hídricas semelhantes, caracterizando a baixa variabilidade entre os depósitos.

A elevada macroporosidade e microporosidade mínima caracterizam a baixa adsorção de água nos sedimentos.

Devido aos baixos valores de densidade e elevados valores de macroporosidade, os depósitos de sedimentos apresentam pouca estabilidade, podendo apresentar movimentação em períodos de aumento de vazão do arroio.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS e CAPES pela concessão de bolsa de mestrado e ao CNPq/UFPel pela concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; VÁSQUEZ, E. V.; GONZÁLES, A. P.; COGO, N. P.; LUCIANO, R. V.; FABIAN, E. L. (2010). Sedimento transportado pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo háplico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, pp. 245-252.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. (1986). Bulk density. In: *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. Klute, A. 2nd. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp. 363-375.
- CAMPOS, R.; FREITAS, P. R. B. (2007). Características granulométricas e descarga de sedimentos em uma bacia urbana: O rio Maranguapinho no Ceará. In: *Anais do I Simpósio de recursos hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007, Cuiabá*. Anais do I Simpósio de recursos hídricos do Norte e Centro-Oeste Cuiabá.
- CUNHA, N. G. da.; SILVEIRA, R. J. da. (1996). *Estudo dos solos do município de Pelotas*. Pelotas, RS: EMPRAPA-CPACT, 54p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 12).
- CUNHA, N. G. da.; SILVEIRA, R. J. da.; SEVERO, C. R. S. (1996). *Estudo dos solos do município de Morro Redondo*. Pelotas, RS: EMPRAPA-CPACT, 28p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 23/96).
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p.
- FRANCO, R.A.M.; HERNANDEZ, F.B.T. (2009). Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, pp. 771-780.
- KERTZMAN, F.C.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. (1995). Mapa da erosão do estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, volume especial, pp. 31-36.
- LIBARDI, P.L. (2005). *Dinâmica da água no solo*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 335p.
- POLETO, C.; CASTILHOS, Z.C. (2008). Impacto por poluição difusa de sedimentos em bacias urbanas. In: *Ambiente e sedimentos*. Poleto, C. (Org.). Porto Alegre: ABRH, pp. 195-227.
- SIMÕES, S.J.C; COIADO, E.V. (2001). Processos erosivos. In: *Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Paiva, J. B. D. de.; Paiva, E. M. C. Dias de. Porto Alegre: ABRH, pp. 283-293.
- SOUZA, M.A.; ROMANO, A.C.; GUIMARÃES, V. (2007). O papel do rio taquari nos pantanais de depósitos finos em Mato Grosso do Sul. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, v. 1, pp. 54-80.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. (2008). *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 222p.