

FATORES CONTROLADORES DAS PERDAS DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA NAS MARGENS DO ARROIO PELOTAS

Caroline Perez Lacerda da Silveira^{1}; Renan Souza Silva²; Gilberto Strieder³; Luciana da Silva Corrêa Lima³; Vinícius Saldanha Scherer³; Reginaldo Galski Bonczynski⁴; Guilherme Krüger Bartels¹; Idel Cristiana Biglardi Milani⁴; Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki⁴*

Resumo – Pela importância do processo erosivo no âmbito social, econômico e principalmente ambiental, este trabalho teve como objetivo quantificar as taxas de perda de solo nas margens do Arroio Pelotas, pelo processo de erosão hídrica, no período entre 2011 e 2012. Para o estudo foram selecionadas três margens ao longo do curso d'água do arroio, considerando o uso e as condições de acesso ao local. Pinos foram instalados ao longo das três margens para avaliação horizontal e vertical do perfil e amostras indeformadas foram coletadas em profundidade para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado, macroporosidade e densidade do solo. As perdas de solo por erosão hídrica ocorrem nas margens do arroio, sendo as maiores perdas na margem 2, devido a camada mais argilosa subsuperficialmente, que reduz bruscamente a condutividade hidráulica do solo, levando ao escoamento subsuperficial, e o acúmulo de água na superfície do solo, levando ao escoamento superficial. Para redução da erosão marginal é necessário a implantação de mata ciliar ao longo das margens do arroio, e isolamento da área para evitar a entrada de animais.

Palavras-Chave – Erosão marginal; mata ciliar.

CONTROLLING FACTORS OF THE LOSSES OF SOIL FOR WATER EROSION IN THE MARGINS OF “ARROIO PELOTAS”

Abstract – Due to the importance of the erosive process in the social, economical and mainly environmental extent, this research had as objective quantifies the taxes of soil loss in the margins of the “Arroio Pelotas” river, due to the process of water erosion, in the period between 2011 and 2012. Three margins were selected along the river, considering the use and the access conditions to the place. Pins were installed along the three margins for horizontal and vertical evaluation of the profile and core samples were collected in different depths for determination of the soil hydraulic conductivity, macroporosity and bulk density. The soil losses for water erosion occur in the margins of the river, being the largest losses in the margin 2, due to clay layer in subsurface, that abruptly reduces the soil hydraulic conductivity, taking to the subsurface drainage, and the accumulation of water in the surface of the soil, taking to the superficial drainage. For reduction of the marginal erosion it is necessary the implantation of ciliary forest along the margins of the river, and isolation of the area to avoid the entrance of animals.

¹ Universidade Federal de Pelotas; Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

² Universidade Federal de Pelotas; Agronomia.

³ Universidade Federal de Pelotas; Engenharia Agrícola.

⁴ Universidade Federal de Pelotas; Centro de Desenvolvimento Tecnológico.

* Autor Correspondente: carolineplacerda@gmail.com

Keywords – Margin erosion; ciliar forest.

INTRODUÇÃO

O solo é o resultado do intemperismo físico e químico sob uma unidade litológica e enriquecida com materiais orgânicos de diversas fontes. Sob o ponto de vista antrópico e levando em consideração as suas necessidades, o solo é visto como fonte natural e provedor natural de desenvolvimento. Por se tratar de uma fonte natural, o solo é um meio finito e se esgota principalmente quando, no seu uso, são adotados manejos inadequados (Almeida, 2010). Nesse sentido, o monitoramento, diagnóstico e indicação de práticas e intervenções na recuperação e conservação dos solos são essenciais para a manutenção da sua capacidade produtiva.

A erosão marginal é importante, pois influencia não apenas nas questões ambientais, mas socialmente e economicamente. Ela influencia nas perdas de solo e sua capacidade produtiva, assoreamento e eutrofização de rios, impedimento da navegação e alteração da vida aquática. Dentre os fatores que influenciam a erosão marginal, pode-se citar a geometria do canal, sua sinuosidade, morfologia das seções transversais, e granulometria das camadas do solo (Holanda *et al.* 2009). Em um estudo da percepção de 260 pescadores ribeirinhos sobre a erosão marginal e a retirada da mata ciliar do rio São Francisco, Holanda *et al.* (2011) constataram que os entrevistados identificaram alguns impactos ambientais pela retirada da mata ciliar, como o acelerado processo de erosão marginal, assoreamento da calha principal do rio, perda de área produtivas e diminuição do pescado.

A mata ciliar atua como uma barreira que impede ou dificulta sedimentos que são transportados com as chuvas alcancem os cursos d'água, assoreando-os (Nicácio, 2001). Possuem ainda a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações (Rizzo, 2007).

Estudando a mata ciliar em termos de contabilidade rural, Nicácio (2001) aponta que esta deve ser considerada como um ativo permanente pois, objetivamente em termos de custo/benefício, a mata ciliar traz mais benefícios do que custos ao longo do tempo, podendo citar maior produtividade, menor risco de perdas naturais de produção, maior consciência de preservação, condições de legalidade para se ter acesso aos incentivos fiscais e/ou financeiros, sendo considerada, desta forma, uma medida de contenção de perdas e como reserva de recursos naturais biológicos.

Essa cobertura florestal ao longo dos cursos d'água foi e continua sendo amplamente discutida quanto aos seus aspectos técnicos, científicos, conservacionistas e da legislação. O “Novo Código Florestal Brasileiro” (Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012) define em seu artigo 4º que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente devem ter, desde a borda da calha do leito regular, uma largura mínima de 30 metros, para cursos d'água de menos de 10 metros de largura, aumentando de acordo com a largura dos cursos d'água. Estas faixas marginais, definidas como área de preservação permanente, possuem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Durigan e Silveira (1999) citam o desafio em encontrar técnicas adequadas de revegetação e superação de questões culturais e sócio-econômicas para a recuperação desta cobertura florestal em larga escala.

Considerando o exposto e a importância do conhecimento na área, o objetivo do trabalho foi avaliar as taxas de perda de solo em margens do Arroio Pelotas e os fatores que influenciam estas perdas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Arroio Pelotas, localizado na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, a maior bacia existente no município de Pelotas, 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.

Selecionaram-se três margens ao longo do arroio, para avaliação da taxa de perda de solo. O local selecionado possui pastagem com presença de bovinos, que pastoreiam até a margem próxima ao arroio (Figura 1).



Figura 1. Local de realização do estudo no Arroio Pelotas

Para avaliação das taxas de perda de solo, foram inseridos pinos de aço na face do barranco, no sentido horizontal e vertical (Figura 2), e o recuo foi medido pelo grau de exposição que os pinos apresentavam (Wolman, 1959; Fernandez, 1990). O número de pinos variou entre as margens, pois dependeu da altura e do acesso à margem. O espaçamento horizontal entre os pinos foi de 50 cm e o espaçamento vertical foi de 20 cm.

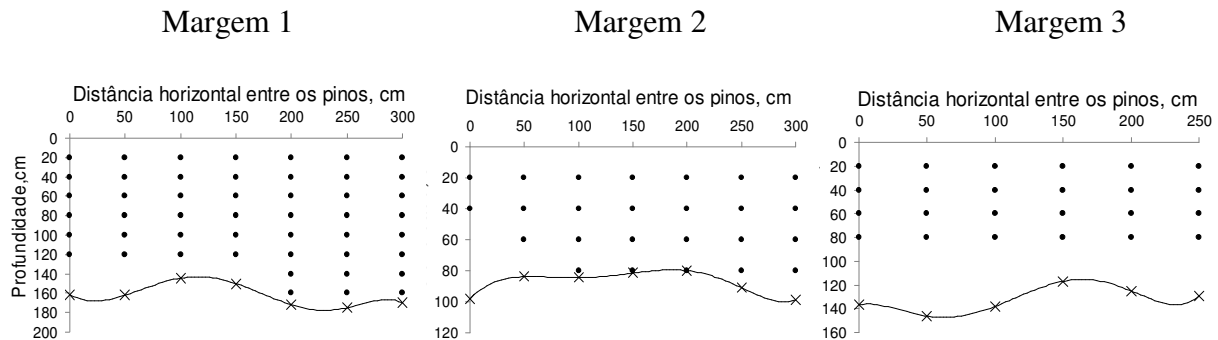


Figura 2. Faces dos barrancos mostrando a distribuição dos pinos no sentido horizontal e vertical (profundidade) das margens utilizadas no estudo. Os pinos estão representados pelo símbolo • e a base do barranco pelo símbolo x

Foram feitas perfilagens (medições de altura e geometria) das margens, ilustrando a evolução progressiva da face do barranco, com auxílio de régua graduada, trena flexível e nível (Hudson, 1981).

As perdas de solo foram calculadas pela equação 1:

$$P = h \times A \times Ds \tag{1}$$

Onde: P = perda de solo (gramas); h = média de alteração de nível da superfície do solo (cm); área avaliada (cm²); densidade do solo (g cm⁻³). Devido o espaçamento entre os pinos ser de 50 x 20 cm, considerou-se com área avaliada por cada pino 100 cm².

Na superfície do solo foram colocadas estacas para mensurar a perda de solo na camada superficial (Figura 3), sendo uma primeira linha de estacas distante aproximadamente 1 m em relação à calha do arroio e a segunda linha de estacas distante aproximadamente 2 m da calha do arroio (Hughes, 1977).

Os pinos e as estacas foram instalados na margem 1 em 09/04/2011, na margem 2 em 29/04/2011 e na margem 3 em 19/04/2011. As quantificações de perdas de solo através da medição do grau de exposição que os pinos apresentavam, e as perfilagens, foram realizadas em 07/02/2013 nas margens 2 e 3, e 29/08/2012 na margem 1.



Figura 3. Linhas de estacas colocadas ao longo das margens do Arroio Pelotas para mensurar as perdas de solo na camada superficial das margens

Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas próximas às margens do arroio, em cilindros de aço/inox de 4,7 cm de diâmetro e 3,0 cm de altura, para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório, utilizando-se um permeâmetro de carga constante (Libardi, 2005), da macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50 μm) (EMBRAPA, 1997e da densidade do solo (Blake e Hartge, 1986). Para isso, as amostras 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. Após esse período as amostras foram novamente saturadas e realizada a condutividade hidráulica da amostra saturada. Em seguida, as amostras foram encaminhadas à estufa a 105 °C, onde permaneceram por aproximadamente 48 horas.

Para coleta das amostras de solo foram abertas quatro trincheiras próximas às margens utilizadas no estudo em abril de 2011, e as coletas foram realizadas nas camadas de 0 a 5; 10 a 15; 20 a 25; 30 a 35; 40 a 45 e 60 a 65 cm. Duas trincheiras foram abertas próximas às margens 1 e 2, e as outras duas próximas à margem 3.

A macroporosidade (equação 2), a densidade do solo (equação 3) e a condutividade hidráulica (equação 4) foram calculadas da seguinte forma:

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

$$\text{Densidade} = \frac{\text{peso amostra após estufa}}{\text{volume do cilindro de coleta}} \quad (3)$$

$$K_{\text{sat}} = \frac{V \times L}{A \times t \times (h + L)} \quad (4)$$

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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de solo na margem 1 variaram de 0,3 a 5,6 kg, na margem 2 oscilaram de 1,5 a 62,9 kg, e na margem 3 variaram de 1,7 a 8,3 kg (Figura 4). As maiores perdas ocorreram nas camadas mais centrais do perfil, por ser mais arenosa, possuir menor conteúdo de matéria orgânica e menor ação das raízes das plantas, e menores perdas na superfície (devido à ação das raízes das plantas e matéria orgânica) e em subsuperfície (devido ao maior teor de argila do solo).

Devido às maiores perdas de solo nas camadas mais centrais do perfil, percebe-se que o perfil apresenta uma camada superficial e subsuperficial salientes, devido as menores perdas nestas camadas.

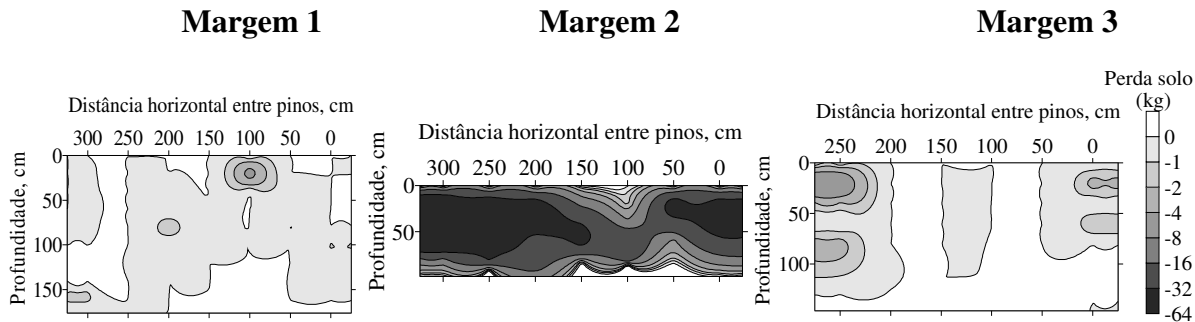


Figura 4. Taxas de perda de solo nas margens 1, 2 e 3. As avaliações foram realizadas em 07/02/2013 nas margens 2 e 3, e 29/08/2012 na margem 1

Monitorando a erosão em margens de cursos d'água no rio São Francisco, Holanda *et al.* (2008) citam que uma avaliação mais qualificada dos processos erosivos marginais é possível através do conhecimento de informações de variáveis hidrológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, geotécnicas e pedológicas.

Estas feições de perda de solo podem estar associadas à textura das camadas do solo, relevo, manejo e características físicas e hídricas do solo. Próximo à profundidade de 50 cm este solo apresenta uma camada mais argilosa, que reduz bruscamente a condutividade hidráulica do solo em comparação às camadas superiores, de textura mais arenosa (Tabela 1). Esta redução da condutividade hidráulica pode levar ao escoamento subsuperficial, e o acúmulo de água na superfície do solo pode levar ao escoamento superficial, fato constatado no campo, na margem 2, em um dia de intensa precipitação. Percebeu-se que a pequena declividade do terreno, associado ao acúmulo de água na superfície do solo, direciona a água para a margem 2.

Embora nos períodos de cheia possa ocorrer extravasamento da calha do arroio e contribuir para as perdas de solo marginal, considerando as três margens analisadas, o fator que mais contribuiu com o processo de erosão marginal foi por ocorrência do escoamento subsuperficial e superficial que chega ao local, e não por influência direta do corpo hídrico em questão.

Como esta é uma área com presença de gramínea e ocorre pastoreio de bovinos, e a área não possui mata ciliar, estes fatores contribuem para a erosão marginal. Fato que chama a atenção para a proteção marginal com mata ciliar. Em períodos de baixa vazão do arroio, os animais descem até o curso d'água para beber água, criando passagens que formam um fluxo preferencial de escoamento. É interessante o fato de que as matas ciliares, que são áreas de preservação permanente, constam no Código Florestal desde 1965 (Lei N^o 4.771, de 15 de setembro de 1965), e deveriam ser áreas protegidas. Sobrinho *et al.* (2008) verificaram que 3m de cobertura vegetal nas margens do riacho reduziu a produção de sedimentos, sendo a diminuição dos sedimentos transportados melhorada de acordo com o aumento da faixa de proteção vegetal. Os autores evidenciaram que a cobertura vegetal atua como uma barreira, reduzindo a velocidade de escoamento e atuando como um filtro na retenção de parte dos sedimentos. As raízes das plantas podem atuar na formação da estrutura do solo e fixação. Holanda *et al.* (2009) citam a bioengenharia de solos como uma técnica eficiente na contenção da erosão marginal, embora seja de alto custo.

Tabela 1. Valores médios de macroporosidade (macro), densidade do solo (densidade) e condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) nas margens avaliadas no estudo. Média de duas repetições.

Camada, cm	Macro, m ³ m ⁻³	Densidade, Mg m ⁻³	Ksat
Margens 1 e 2			
0 a 5	0,140	1,58	239,43
10 a 15	0,170	1,41	331,02
20 a 25	0,116	1,51	81,60
30 a 35	0,094	1,58	10,24
40 a 45	0,107	1,49	11,60
60 a 65	0,082	1,42	35,30
Margem 3			
0 a 5	0,074	1,27	14,70
10 a 15	0,077	1,38	3,24
20 a 25	0,126	1,44	4,38
30 a 35	0,125	1,46	10,91
40 a 45	0,136	1,41	30,03
60 a 65	0,072	1,29	47,36

CONCLUSÕES

As perdas de solo por erosão hídrica ocorrem nas margens do arroio, sendo as maiores perdas na margem 2, devido a camada mais argilosa subsuperficialmente, que reduz bruscamente a condutividade hidráulica do solo, levando ao escoamento subsuperficial, e o acúmulo de água na superfície do solo, levando ao escoamento superficial.

Para redução da erosão marginal é necessário a implantação de mata ciliar ao longo das margens do arroio, e isolamento da área para evitar a entrada de animais.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.R de. (2010). Saúde e Meio Ambiente. In *Ciências Ambientais*. Editora Tex: Almeida Cabral, 2^a ed, Rio de Janeiro, pp. 419-457.
- 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.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.

- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 set. 1965.
- DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. (1999). Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Florestalis* (n.56), pp. 135-144.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p.
- FERNANDEZ, O.V.Q. *Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR*. 1990. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo.
- HOLANDA, F.S.R.; SANTOS, C.M.; GUIMARÃES, M.F.R.; ROCHA, I.P.; SANTOS, T.T.; ARAÚJO FILHO, R.N.; VIEIRA, T.R.S.; CHAGAS, R.M. (2008). Monitoramento da erosão em margens de cursos d'água: O caso do rio São Francisco. *Revista da Fapese* (4), pp. 37-52.
- HOLANDA, F.S.R.; SANTOS, L.C.G.; ARAUJO FILHO, R.N.; PEDROTTI, A.; GOMES, L.J.; SANTOS, T.O.; CONCEIÇÃO, F.G. (2011). *Revista RA'E GA* (n. 22), pp. 219-237.
- HOLANDA, F.S.R.; BANDEIRA, A.A.; ROCHA, I.P.; ARAUJO FILHO, R.N.; RIBEIRO, L.F.; ENNES, M.A. (2009). *Revista RA'E GA* (n.17), pp. 93-101.
- HUDSON, N. (1981). A field technique to directly measure river bank erosion. *Canadian Journal of Earth Science* (19), pp. 381-383.
- HUGHES, D.J. (1977). Rates of erosion on meanderarcs. In *River channel changes*. John Wiley & Sons, pp.193-205.
- LIBARDI, P.L. (2005). *Dinâmica da água no solo*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 335p.
- NICÁCIO, J.E.M. (2001). A manutenção de mata ciliar: Um ativo permanente. *Revista de Estudos Sociais* (n.6), pp. 85-92.
- RIZZO, M.R. (2007). A recomposição das matas ciliares – um bom exemplo que vem de Pedro Gomes (MS). *Revista Eletrônica da Associação dos geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas – MS* (1), pp. 103-125.
- SOBRINHO, J.F.; ARAÚJO FILHO, J.A.A.; FALCÃO, C.L.C. (2008). Erosão e mata ciliar às margens do canal fluvial da sub-bacia do riacho Viana, distrito de Taperuaba, Sobral (CE). *Revista da Casa da Geografia de Sobral* (10), pp. 53-68.
- WOLMAN, M.G. (1959). Factors influencing erosion of a cohesive river bank. *American Journal Science* (257), pp. 204-216.