



Vulnerabilidade do solo a poluição por fósforo em áreas com adição de dejetos de suínos⁽¹⁾.

Rafael da Rosa Couto⁽²⁾; Sérgio Roberto Martins⁽³⁾; Paulo Belli Filho⁽⁴⁾; Matheus Ademir dos Santos⁽⁵⁾; Jucinei José Comin⁽⁶⁾; Daniela Facco⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Parte da Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

⁽²⁾ Pós-Doutorando em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS; E-mail – rccouto@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Visitante Nacional Senior/CAPES da Universidade Federal da Fronteira Sul.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina.

⁽⁵⁾ Graduando do Curso de Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina.

⁽⁶⁾ Professor do Centro de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Santa Catarina.

⁽⁷⁾ Graduanda do Curso de Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria.

RESUMO: A aplicação de dejetos líquidos de suínos (dejetos) como adubo pode causar contaminação do solo e de corpos d'água, a qual é potencializada por características ambientais intrínsecas, que determinam a vulnerabilidade do agrossistema. O objetivo do trabalho foi avaliar a vulnerabilidade do alto da microbacia Rio Coruja/Bonito a poluição por P derivado de dejetos. O trabalho foi realizado na microbacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito que possui, aproximadamente, 52 km², e está localizada no município de Braço do Norte, estado de Santa Catarina. A composição do índice de vulnerabilidade utilizado neste trabalho considerou três critérios fundamentais a P, i) perda de solo estimada; ii) distância entre a fonte de P e o corpo d'água e iii), os teores de P no solo. O alto da bacia Rio Coruja/Bonito apresenta vulnerabilidade a poluição por P (VPP) predominantemente Muito Baixa e Média, sendo o tipo de cultivo e o tempo de aplicação de dejetos no solo os principais elementos para este resultado. Em relação aos resultados da VPP, se recomenda a adoção de sistemas conservacionistas que proporcionem índice de cobertura vegetal satisfatório, o que diminuiria a erosão hídrica e o arraste de elementos adsorvidos a partículas ou na forma solúvel para corpos d'água.

Termos de indexação: Poluição ambiental, erosão hídrica, análise multicritério.

INTRODUÇÃO

Quando alguns elementos químicos estão em concentrações acima das consideradas normais no solo, caracteriza-se um processo de contaminação e/ou poluição, podendo, migrar para as águas sub e superficiais. A proteção dos recursos ambientais, como o solo, de contaminantes depende de uma análise dos impactos das atividades humanas e da fragilidade do ambiente perante determinada ameaça, entendida como um perigo latente, o fator de risco externo, assim, depende da sua

vulnerabilidade (Brauch, 2005). A vulnerabilidade é caracterizada como o resultado das relações entre componentes bióticos e abióticos de um sistema, que determinarão o impacto de determinada ameaça em um ecossistema. Neste sentido, a vulnerabilidade do solo a determinada ameaça, está atrelada a características intrínsecas, as quais são variáveis, dependendo do tipo de solo e da geografia do local.

Na região Sul do Brasil, especificamente, no Sul de Santa Catarina (SC), a suinocultura é uma atividade de pequenas propriedades rurais, que normalmente possuem o relevo acidentado, cujos tamanhos podem variar de 15 a 60 hectares. Porém, com uma alta densidade de suínos por metro quadrado. Os dejetos são aplicados sobre o solo como única fonte de nutrientes às plantas ou para complementar a adubação mineral. No entanto, em função do grande volume de dejetos produzidos, aliado a pouca área disponível, muitas vezes são realizadas aplicações sucessivas de dejetos nas mesmas áreas, sendo ignorado o uso recomendado desses dejetos, de maneira a contemplar a nutrição de plantas e a qualidade ambiental (Gatiboni et al., 2014), o que pode causar acúmulo de elementos químicos como o fósforo (P) no solo, contribuindo para a contaminação ambiental.

O objetivo deste estudo foi avaliar a vulnerabilidade do alto da microbacia Rio Coruja/Bonito a poluição por P derivado de dejetos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no alto da microbacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito (Couto, 2014) que possui, aproximadamente, 52 km², e está localizada no município de Braço do Norte (SC). A microbacia possui 63 propriedades suínícolas e 69000 suínos, com densidade de 1.327 animais km⁻² gerando, aproximadamente, 552.000 m³ de dejetos ano⁻¹. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa),



segundo Koeppen, com 1.471 mm de precipitação média. O solo do local é representado predominantemente por Argissolo Vermelho amarelo típico, e com diminutas inclusões de Gleissolo e Cambissolo.

A composição do índice de vulnerabilidade utilizado neste trabalho considerou três critérios fundamentais; i) perda de solo estimada; ii) distância entre a fonte de P e o corpo d'água e iii), os teores de P no solo, o qual sofreu modificações conforme Couto (2014). Para este último critério os teores de P no solo foram baseados nos resultados observados por Couto et al. (2015), o qual definiu uma classificação dos teores de P no solo a partir do tempo de aplicação de dejetos.

A obtenção do índice de vulnerabilidade foi realizado por uma combinação linear ponderada, que considera a escala de importância, os pesos e o número de critérios avaliados (Couto et al., 2015) e é definido conforme a Equação 1:

$$V = \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i \right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde: V = vulnerabilidade final; w_i = peso do critério i; x_i = escore do critério i; n = número de critérios. A vulnerabilidade foi considerada Baixa de 0,76 a 1,0; Média de 0,51 a 0,75; Alta de 0,26 a 0,50 e Muito alta de <0,1 a 0,25. As classes, pesos e escores dos critérios encontram-se na tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vulnerabilidade a poluição por P (VPP) nas classes Muito Baixa e Média, foi predominante na área de estudo, ocupando 664 ha e 565 ha respectivamente (figura 1). Já as classes Baixa, Alta e Muito Alta, representaram 344 ha, 201 ha e 70 ha, respectivamente (Figura 1). A tabulação cruzada entre a VPP e os critérios tempo de aplicação de dejetos e uso das terras obteve uma boa correlação, apresentando V de Cramer de 0,74 e 0,71, respectivamente. Já o cruzamento entre a VPP e os critérios perda de solo e distância dos cursos d'água apresentaram V de Cramer de 0,59 e 0,49, indicando uma baixa correlação.

A classe Muito Baixa a VPP foi observada somente em áreas sem aplicação de dejetos e predominantemente em áreas de mata (72%) e pastagem (27%). Além disso, a classe Muito Baixa a VPP foi verificada somente em áreas com perdas de solo classificadas em Muito Baixa e Baixa.

A VPP classificada como Baixa foi em sua maioria observada nas áreas de pastagem (54%), e o restante distribuído nas áreas de mata e reflorestamento (32%) e com cultivos anuais (14%). No entanto, quase que a totalidade da classe Baixa a VPP (94%) foi observada em áreas com classificação de perdas de solo Baixa. Além disso,

72% da classe Baixa a VPP foi distribuída em áreas sem aplicação de dejetos.

A classificação Média a VPP foi distribuída em 77% e 13% sob pastagem e cultivos anuais, respectivamente, sendo que grande parte desta classe, 44%, encontra-se em áreas que recebem aplicações de dejetos há mais de 20 anos. Além disso, a VPP classificada como Média foi em grande parte (84%) observada em áreas com classificação de perda de solo Baixa. Tanto a classificação Alta como a Muito Alta a VPP foram quase que em sua totalidade (99%) distribuídas em áreas sob cultivos anuais. Porém, uma maior proporção da classe Alta (35%) foi observada em áreas sob aplicação de dejetos entre 1 e 10 anos, enquanto 71% da classe Muito Alta foi distribuída em áreas com aplicação de dejetos há mais de 20 anos. A classe a VPP Alta foi bem distribuída entre as classes de perda de solo, ocorrendo em 27, 26 e 24% das classes Média, Alta e Muito alta, respectivamente. No entanto, a maior proporção da classe Muito Alta a VPP (81%) ocorreu dentro da classe de perdas de solo Muito Alta, sendo o restante (19%) ocorrendo na classe de perdas de solo Alta.

Estima-se que na classe Muito Baixa ocorram perdas de $4.090 \text{ Mg ano}^{-1}$ de solo, o que representa perdas de P extraídos por resina trocadora de ânions (P-RTA) em torno de $1,1 \cdot 10^{-1} \text{ Mg ano}^{-1}$ considerando a camada de 0,0-0,10 m de solo. Já para a classe Média de vulnerabilidade a P que perde em média $5.235 \text{ Mg ano}^{-1}$ de solo, e que está concentrada em áreas com aplicação de dejetos acima de 15 anos e sob pastagem, estima-se que possa ser perdido $4,0 \cdot 10^{-1}$ de P-RTA. Os resultados corroboram com aqueles encontrados na literatura, onde os autores atribuem o efeito dos sistemas com preparos conservacionistas, especialmente, aqueles que promovem a retenção dos resíduos em superfície, à promoção do aumento da tensão crítica de cisalhamento e, em consequência, a resistência do solo à erosão hídrica (Panachukl et al., 2011).

Nas áreas com classificação Alta a VPP, estimou-se, com base nos valores observados por Couto et al. (2015) que, quantidades de $8,0 \cdot 10^{-2} \text{ Mg}$ de P-RTA na camada de 0,0-0,10 m de solo. Apesar de existirem maiores perdas de P nas áreas com classificação Muito Baixa é importante salientar que ao relacionar a área total da classe de vulnerabilidade com os teores de P perdidos, as concentrações de P são 10 vezes maiores na classe Muito Alta.

Neste sentido, alerta-se que em sistemas com aplicações de nutrientes em excesso, como é o caso das áreas em questão, o SPD pode contribuir para o aumento do P, na água de enxurrada. Além disso, adubos orgânicos, como dejetos de animais,



favorecem a perda de nutrientes por erosão hídrica, mais do que a utilização de adubos minerais, em virtude da maior facilidade de transporte dos constituintes orgânicos pela enxurrada, motivada pela sua menor densidade e maior concentração em superfície (Martins Filho et al., 2009).

CONCLUSÕES

O alto da bacia Rio Coruja/Bonito apresenta vulnerabilidade a P predominantemente Muito Baixa e Média, sendo o tipo de cultivo e o tempo de aplicação de dejetos no solo os principais elementos para este resultado. Recomenda-se a adoção de sistemas conservacionistas nas áreas, como o sistema plantio direto e que proporcionem índice de cobertura vegetal satisfatório. Isso influenciaria na diminuição da erosão hídrica e, conseqüentemente, do arraste de elementos químicos para os corpos d'água. Porém, em áreas com histórico de aplicação de dejetos é necessário uma análise criteriosa, onde ocasionalmente deve ser realizado o revolvimento da camada superficial para evitar o acúmulo de P na camada superficial do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto Tecnologia Sociais para a Gestão da Água – TSGA, PETROBRÁS pelo apoio técnico e financeiro prestado para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

BRAUCH, H. G. Treats, challenges, vulnerabilities and risks in environmental and human security. Bonn: SOURCE (Studies of the University: research, counsel, education)/UNU-EHS, n. 1, 2005.

COUTO, R.R.. Vulnerabilidade do solo a poluição por fósforo, cobre e zinco, em áreas sob aplicação de dejetos de suínos. (Tese de Doutorado) Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2014.

COUTO, R.R.; SANTOS, M.; COMIN, J.J.; MARTINI, L.C.P.; GATIBONI, L.C.; MARTINS, S.R.; FILHO, P.B.; BRUNETTO, G. Environmental Vulnerability and Phosphorus Fractions of Areas with Pig Slurry Applied to the Soil. *Journal of Environmental Quality*, 44:162-173, 2015.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina. *BOLETIM TÉCNICO. CAV-UDESC*, 2014.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 29:8-18, 2009.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S. DE; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:1777–1786, 2011.

WELD, J. L.; PARKONS, R. L.; BEEGLE, D. B.; SHARPLEY, A. N.; GDUREK, W. J.; CLOUSER, W. R. Evaluation of phosphorus – based nutrient management strategies in Pennsylvania. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 57:448–454, 2002.

WISCHMEIR, W. H.; & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. USDA.(Agriculture Handbook 537)., Washington. 58 p. 1978.

Tabela 1. Critérios, escala, escore e pesos adotados na classificação da vulnerabilidade à poluição por P no alto da microbacia Rio Coruja/Bonito.

Critério	Variação	Escala	Escore	Peso
Perda de solo em Mg ha ⁻¹⁽¹⁾	<0,1	Muito baixa	0,90	0,52
	0,1-12	Baixa	0,85	
	12,1 - 25	Média	0,60	
	25,1 - 37	Alta	0,25	
	>37,1	Muito alta	0,10	
Distância de drenagem em metros ⁽²⁾	> 150	Muito baixa	0,85	0,11
	149-100	Baixa	0,80	
	99-80	Média	0,65	
	79-50	Alta	0,35	
	< 50	Muito alta	0,30	
Teores de P no solo ⁽³⁾	1 até 10 anos	Média	0,55	0,37
	11 até 20 anos	Alta	0,25	
	> 20 anos	Muito Alta	0,10	

⁽¹⁾Wischmeier & Smith (1978); ⁽²⁾Weld et al. (2002); ⁽³⁾Couto et al. (2014).



Figura 1. Vulnerabilidade a poluição por fósforo no alto da microbacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito

