



## Fósforo solúvel em águas superficiais de bacias hidrográficas com distintos usos e manejos do solo<sup>(1)</sup>.

**Tiago Broetto<sup>(2)</sup>; Carlos Gustavo Tornquist<sup>(3)</sup>; Ben-Hur Costa de Campos<sup>(4)</sup>; Julio Cezar Schneider<sup>(5)</sup>; Marília Schmidt<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup>Projeto apoiado pelo CNPq - Edital Universal 2010.

<sup>(2)</sup>Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, tiago.broetto@ufrgs.br; <sup>(3)</sup>Professor Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, carlos.tornquist@ufrgs.br; <sup>(4)</sup>Professor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá - IFRS, ben-hur.campos@ibiruba.ifrs.edu.br; <sup>(5)</sup>Bolsista de iniciação científica PROBIC-FAPERGS/UFRGS, juliocezarschneider@hotmail.com; <sup>(6)</sup> Bolsista de iniciação científica BICTES/IFRS, marilia.schmidt@ibiruba.ifrs.edu.br.

**RESUMO:** As áreas agrícolas em bacias hidrográficas podem afetar os teores de fósforo (P) nas águas superficiais. O objetivo deste estudo foi averiguar o risco de eutrofização das águas superficiais em bacias hidrográficas com agricultura intensiva de grãos e produção pecuária. O estudo foi realizado em sete bacias hidrográficas de três municípios do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. O P solúvel foi determinado em amostras de água que foram coletadas mensalmente por 9 meses entre os anos de 2013 e 2014. Os resultados mostraram que o percentual de área preservada em pelo menos 5m no entorno dos cursos d'água e o número de suínos por bacia têm correlação significativa com os teores de P solúvel nas águas. A proteção dos corpos hídricos, com a área preservada, pode estar reduzindo as transferências de P solúvel para as águas superficiais devido a redução do transporte de, principalmente, fósforo particulado. De outra parte, o maior número de suínos nas bacias colabora para o aumento dos teores de P solúvel nas águas, pois os dejetos líquidos dos suínos são aplicados na superfície do solo e o fósforo pode ser transportado por escoamento superficial da água da chuva. Os teores de P solúvel observados nas águas superficiais indicam risco de eutrofização.

**Termos de indexação:** dejetos de suínos, eutrofização, poluição ambiental.

### INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas podem impactar as águas superficiais nas bacias hidrográficas pela contribuição de P dos fertilizantes e dejetos de criações. Existem amplas evidências de que sistemas de produção, como agricultura anual para produção de grãos, bovinocultura de corte e de leite, e suinocultura podem aumentar o P em camadas superficiais do solo, o que aumenta o risco de transporte deste nutriente pelo escoamento superficial até os corpos d'água mais próximos (Sharpley et al., 2003; Bertol et al., 2010; Gebler et

al., 2012). O problema causado por excesso de P nas águas superficiais é a *eutrofização*, que compromete especialmente a água de abastecimento para consumo humano (e também a pesca e recreação), que é degradada em função do crescimento de cianobactérias, algas e plantas aquáticas (Sharpley et al., 1995; 2003). Esta transferência do P pode ocorrer principalmente na forma de P particulado (75 – 90%) (Sharpley et al., 1995).

De outra parte, o transporte de sedimentos e nutrientes das áreas cultivadas circundadas por "faixas de proteção" (*buffer strips*), principalmente com vegetação herbácea e/ou arbórea, pode ser reduzido em até 95% (Lovell e Sullivan, 2006). Esta situação remete às Áreas de Preservação Permanente (APP) preconizadas pelo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012). Nesta recente atualização do Código Florestal, além de ter sido assegurado o requisito de APP mínima de 30m a partir das margens de cursos d'água, é prevista a recuperação de vegetação original nas zonas ripárias, abrangendo pelo menos 5m das margens em áreas definidas como "consolidadas" (com uso agrícola estabelecido até 2008) (Brasil, 2012).

O risco de eutrofização das águas superficiais não é definido explicitamente na legislação das águas no Brasil, mas existem indicações de que teores de P total acima de 0,02 mg L<sup>-1</sup> e de P solúvel acima de 0,01 mg L<sup>-1</sup>, podem ser considerados como o limiar de risco (Vollenweider, 1971; Jarvie et al., 2006; Gebler et al., 2012; 2014).

A Resolução 357 (CONAMA, 2005) apresenta diretrizes para classificação de águas superficiais no Brasil, mas não são considerados os teores de P solúvel nas águas, apesar da importância desse indicador, principalmente após o advento do plantio direto (PD), que reduz o transporte de sedimentos com a palha na superfície e aumenta a disponibilidade de P em função do aumento dos teores de matéria orgânica no solo (MOS) (Gatiboni et al., 2007).

O objetivo deste estudo foi averiguar o risco de eutrofização das águas superficiais em bacias



hidrográficas com agricultura intensiva de grãos e produção pecuária, selecionadas na região de Ibirubá por representarem uma importante região agrícola do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado em sete bacias hidrográficas localizadas nos municípios de Ibirubá, Quinze de Novembro e Fortaleza dos Valos, RS. O clima da região é subtropical úmido com verão quente (*Cfa* na classificação de Köppen), com temperatura média anual de 18 °C e precipitação média anual de 1.750 mm. A classe de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho, mas também há associações Neossolo-Chernossolo e Neossolo-Gleissolo (Tornquist, 2007).

As áreas agrícolas das bacias são cultivadas sob PD há cerca de 25 anos, sendo predominante o sistema de cultivo com soja e milho no verão, e aveia e trigo no inverno. Além disso, são comuns áreas cultivadas com a gramínea perene Tifton (*Cynodon dactylon*) para pastejo do gado leiteiro.

Amostragens de águas foram feitas mensalmente, por 9 meses, entre 2013 e 2014, em pontos intermediários e próximos às fozes das bacias (Figura 1). As amostras foram coletadas em triplicata no campo e analisadas em duplicata no laboratório. O P solúvel foi determinado conforme American Public Health Association (APHA, 1995).

A análise estatística foi feita considerando o delineamento inteiramente casualizado e três fontes de variação (bacias, pontos e datas de coleta). Os dados tinham variância heterogênea e foram transformados pelo método dos mínimos quadrados. A ANOVA foi feita utilizando o método das medidas repetidas por meio do proc GLM do Statistical Analysis System (SAS). As diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Análises de correlação de Pearson foram feitas para verificar o grau de associação entre os diferentes usos do solo nas bacias e os teores de P solúvel nas águas. A significância da correlação foi avaliada pelo teste t a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística mostrou interação tripla entre bacias, pontos e datas de coleta, sendo necessário discutir cada fator dentro dos demais. Devido ao espaço limitado, nesse resumo serão apresentados e discutidos apenas os resultados das comparações entre as bacias no ponto foz em cada data de coleta (Tabela 1).

As bacias mostraram-se bastante heterogêneas, sendo que, em cada data de coleta, uma bacia diferente apresentou o maior teor de P solúvel, porém, a bacia LEA sempre apresentou os menores teores. As bacias DRS e SCH destacaram-se por apresentarem em pelo menos quatro das oito datas de coletas os maiores teores de P solúvel, ou teores que não diferiram daqueles observados nas bacias com maior valor.

Apesar da heterogeneidade entre as bacias, algumas tendências e/ou padrões foram observados. Os teores de P solúvel nas águas superficiais apresentaram correlação significativa com o número de suínos presentes nas bacias e com o percentual de APP preservada em pelo menos 5m ao longo do curso d'água (Tabela 2). Quanto maior o número de suínos nas bacias maior o teor de P solúvel nas águas e quanto maior o percentual de área preservada em até 5m, menores os teores de P solúvel. As demais variáveis correlacionadas e apresentadas na tabela 2, cujos dados gerais são apresentados na tabela 1, não apresentaram significância a 5% com os teores de P solúvel na água.

**Tabela 2 – Correlações entre as características das bacias hidrográficas e o P solúvel nas suas águas superficiais.**

Variáveis relativas a bacia	r
% área agrícola	0.32 <sup>ns</sup>
% área APP 30m preservada	-0.61 <sup>ns</sup>
% área APP 5 m preservada	-0.85*
% área APP 5 m recuperação	0.28 <sup>ns</sup>
Número de bovinos	-0.04 <sup>ns</sup>
Número de suínos	0.85*

<sup>r</sup> = coeficiente de correlação. <sup>\*</sup> = Significativo a 5 % de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> = não significativo.

Os resultados observados em LEA podem estar relacionados a preservação de APP no entorno do curso d'água. Das sete bacias estudadas LEA foi a que apresentou maior percentual de área preservada em pelo menos 5m no entorno do curso d'água, enquanto que as bacias DRS e SCH apresentaram os menores percentuais (Tabela 1). Diversos estudos com faixas de proteção foram realizados em vários países, considerando gramíneas e matas nativas e diferentes larguras de faixas (Uisi-Kampa et al., 1997). De acordo com os autores o percentual de P total e P solúvel retido nessas faixas de proteção chegou a atingir, em alguns experimentos, até 93% e 95%,



respectivamente, mostrando o quanto eficiente essas faixas podem ser em mitigar o transporte de P para as águas superficiais.

Em DRS, além do menor percentual de APP preservada, também há maior densidade de suínos por ha na bacia (Tabela 1). Os DLS são aplicados nas áreas agrícolas, e com isso, espera-se acúmulo de P no solo e aumento da sua concentração na água de escoamento superficial (Sharpley et al., 2003; Bertol et al., 2010; Gebler et al., 2012).

Em geral, todas as bacias hidrográficas apresentaram teores de P solúvel acima do limite de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , na maioria das datas de coleta, o que configura algum risco de eutrofização das águas superficiais. Medidas curativas e preventivas devem ser tomadas para mitigar as transferências de P das áreas agrícolas para os cursos d'água.

### CONCLUSÕES

As diferenças dos teores de P solúvel nas águas superficiais entre as bacias hidrográficas estão associadas a atividade suinícola e ao percentual de APP preservada em pelo menos 5m de largura no entorno do curso d'água.

As águas superficiais apresentam teores de P solúvel que indicam risco de eutrofização.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, ao PPG Solos - UFRGS e ao IFRS - Campus Ibirubá, pelos recursos disponibilizados.

### REFERÊNCIAS

APHA. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 20TH ED. WASHINGTON, 1995.

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; FAVARETTO, N.; LANA, M.C. Phosphorus loss by surface runoff in no-till system under mineral and organic fertilization. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 67: 71-77, 2010.

BRASIL. Lei n° 12651/12. Código florestal brasileiro. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

GATIBONI, L.C.; KSMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. e FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solos sob Sistema Plantio Direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 31, p. 691-699, 2007

GEBLER, L.; BERTOL, I; RAMOS, R.R.; LOUZADA, J.A.S.; MIQUELLUTI, D.J. Fósforo reativo: Arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 16: 99-107, 2012.

GEBLER, L.; BERTOL, I; BIASI, L.R.; RAMOS, R.R. & LOUZADA, J.A.S. Transferência superficial de fósforo reativo potencialmente contaminante por chuvas simuladas intensas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 19:393-399, 2014.

JARVIE, H.P.; NEAL, C. & WITHERS, P.J.A. Sewage-Effluent phosphorus: A greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus? *Science of the total environment*, v. 360, p. 246-253, 2006.

LOVELL, S. T.; SULLIVAN, W. C. Environmental benefits of conservation buffers in the United States: Evidence, promise, and open questions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 112, p. 249–260, 2006.

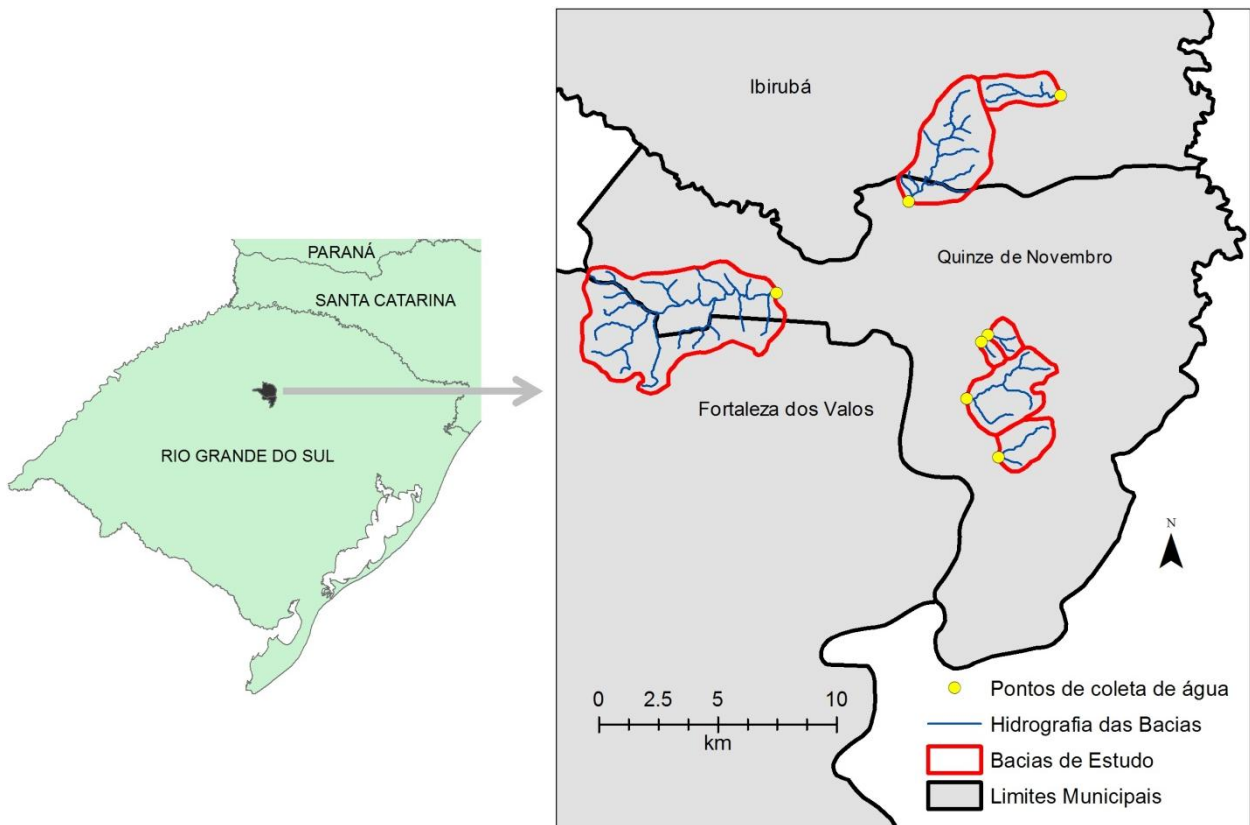
SHARPLEY, A.N.; HEDLEY, M.J.; SIBBESEN, E. . Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems. In: TIESSEN, H. (Ed) *Phosphorus in the global environment*. Chichester: John Wiley & Sons, 171-200, 1995.

SHARPLEY, A.N.; DANIEL, T.; SIMS, T.; LEMUNYON, J.; STEVENS, R. & PARRY, R. *Agricultural Phosphorus and Eutrophication*. 2.ed. Agricultural Research Service, ARS-149, 2003. 43p.

TORNQUIST, C.G. Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas. 2007. 156 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

VOLLENWEIDER, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Technical Report. Paris, France, 1971.

UISI-KAMPPA, J.; TURTOLA, E.; HARTIKAINEN, H. & YLARANTA, T. 1997. The interections of buffer zones and phosphorus runoff. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T.; PINAY, G. (Eds.), *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*. The Proceedings of the Inernational Conference on Buffer Zones, Quest Environmental, Harpenden, England, p.7-20.



**Figura 1** – Pontos de coleta de água em sete bacias hidrográficas de Quinze de Novembro, Ibirubá e Fortaleza dos Valos (RS).

**Tabela 1** – Características agropecuárias de sete bacias hidrográficas e diferenças entre as bacias com relação aos teores de fósforo solúvel nas águas superficiais, em Quinze de Novembro, Ibirubá e Fortaleza dos Valos (RS).

Bacias	Área total ha	% de área agrícola	% APP preservada		% APP 5m a recuperar	Nº de bovinos na bacia	Nº de suínos na bacia	Nº de bovinos por ha	Nº de suínos por ha
			30m	5m					
DRS	347,3	84	22	30	20	493	1643	1,4	4,7
MAN	1200,9	83	52	56	22	1698	641	1,4	0,5
SAN	2731,1	84	50	54	20	1293	65	0,5	0,0
LEA	129,8	78	51	65	20	88	4	0,7	0,0
SCH	67,6	82	28	40	23	195	0	2,9	0,0
ALI	708,7	82	49	58	18	618	33	0,9	0,0
TIE	328,3	76	59	54	25	190	14	0,6	0,0

Bacias	Teores de fósforo nas águas									
	--- 2013 ---			----- 2014 -----						-
	28-Out	4-Dez		4-Jan	4-Feb	7-Mar	11-Abr	2-Mai	4-Jun	
	----- Ponto Foz (mg L <sup>-1</sup> ) -----									
DRS	0,066 A	0,051 AB		0,199 A	0,046 B	0,015 BC	0,033 BC	0,026 B	0,016 A	-
MAN	0,024 B	0,035 BC		0,013 B	0,023 C	0,023 BC	0,033 BC	0,054 A	0,012 A	-
SAN	0,022 B	0,028 C		0,014 B	0,010 CD	0,015 BC	0,042 BC	0,024 B	0,003 A	-
LEA	0,013 B	0,015 C		0,000 B	0,001 D	0,005 C	0,026 C	0,010 B	-	-
SCH	0,016 B	0,060 A		0,001 B	0,003 CD	0,032 AB	0,065 A	0,013 B	0,021 A	-
ALI	-	0,020 C		0,012 B	0,007 CD	0,014 BC	0,053 AB	0,023 B	-	-
TIE	-	0,028 C		0,005 B	0,078 A	0,053 A	0,035 BC	0,025 B	-	-