



IMPACTOS DA APLICAÇÃO CONTINUADA DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS EM LATOSSOLOS SUL-RIO-GRANDENSES

Broetto, T.^{1,*}; Tornquist, C.G.¹ Campos, B.C.²; Bayer, C.¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); ² Instituto Federal do Rio Grande do Sul

* Autor de contato: tiagobroetto@gmail.com; Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, 90915-000 Porto Alegre, RS, Brasil. Telefone +55-51-3308-6040.

RESUMO

A suinocultura da região Sul do Brasil vem se expandindo em unidades produtivas cada vez maiores, com conseqüente incremento na produção de dejetos líquidos suínos (DLS). A aplicação destes resíduos em solos agrícolas é a destinação final recomendada no licenciamento ambiental desta atividade no Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos teores de fósforo (P), zinco (Zn), cobre (Cu), nitrogênio total (N_t) e de carbono orgânico (CO) no solo devido às aplicações sucessivas e continuadas de DLS (entre 6 e 18 anos) na região de Ibirubá, no Planalto Sul-rio-grandense. Amostras de solo foram coletadas em áreas que receberam altas (120 a $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), baixas doses (até $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e sem DLS, além de solos sob vegetação original, até 30 cm de profundidade. Adicionalmente, parâmetros de qualidade da água (DBO e P total) foram avaliados em drenagens adjacentes às lavouras. As aplicações de DLS, mesmo em altas doses, não alteraram significativamente o CO e N_t do solo. Por outro lado, altas doses de DLS aumentaram em até sete vezes o teor de P disponível (P_{disp}), em relação à camada superficial do solo sob vegetação natural. Analogamente, a disponibilidade de Cu e Zn aumentou significativamente na camada superficial do solo (0-10cm). Em síntese, as alterações observadas mesmo com altas doses anuais de DLS aplicados por até 18 anos foram geralmente restritas à camada superficial destes Latossolos. Teores inadequados de P foram observados em apenas um ponto de coleta de águas superficiais na região de estudo.

PALAVRAS CHAVE

Dejetos líquidos de suínos; qualidade do solo; poluição das águas

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de carne suína do mundo devido a sua vasta extensão territorial e crescente produção de grãos. Nos últimos oito anos o setor cresceu 20%, atingindo aproximadamente 40 milhões de suínos (ABIPECS, 2011). A produção suinícola está concentrada principalmente em regiões dos estados sulinos do Brasil (RS, SC e PR), onde grandes volumes de DLS são produzidos, os quais podem apresentar impacto ambiental quando mal manejados (Miranda, 2007). Por outro lado, estes resíduos têm valor fertilizante, sendo a aplicação em solos agrícolas a técnica de disposição final recomendada. A expansão acelerada da suinocultura nas regiões citadas tem levado à carência de áreas agrícolas aptas a receber estes crescentes volumes de DLS—episódios de contaminação das águas superficiais e subsuperficiais em sido reportados especialmente no estado de SC (Berto, 2004). De uma maneira geral, a destinação final inadequada de DLS em solos agrícolas tem sido relacionada à degradação da qualidade das águas em áreas rurais (Ariovaldo et al., 2010).

Há reconhecimamente grande probabilidade de acúmulo de C e nutrientes (como P, Cu e Zn) nas camadas mais superficiais do solo pela aplicação continuada (por muitos anos) de DLS (Angers, 2009; Girotto et al., 2010). Eventualmente poderão ocorrer desbalanços nutricionais e inclusive toxidez de nutrientes para as plantas (Graber, 2005), lixiviação de nutrientes para o lençol freático (Anami et al., 2008), além de perdas por escoamento superficial, levando degradação da qualidade das águas superficiais próximas às regiões de criação de suínos (Allen e Mallarino, 2008).

Não existe legislação federal específica para a aplicação de dejetos de qualquer espécie animal em solos no Brasil. Entretanto, os órgãos ambientais estaduais apresentam diretrizes: Santa Catarina recomenda aplicação de no máximo $50 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ em solos agrícolas após tratamento anaeróbio adequado dos DLS (FATMA, 2011); Rio Grande do Sul (RS) adota norma similar, porém sem estabelecer volume máximo a ser aplicado (FEPAM, 2011). Não é exigido monitoramento *in situ* nem controle e registros rigorosos das quantidades de DLS aplicadas. Quanto às águas superficiais, as normas brasileiras vigente é a Resolução 357 do CONAMA (2005), a qual considera um conjunto de parâmetros orgânicos e inorgânicos de qualidade, como N, P e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as concentrações de nutrientes em lavouras estabelecidas em Latossolos Vermelhos que vêm recebendo diferentes doses de DLS por muitos anos, em comparação com áreas sem dejetos (áreas naturais e sob agricultura de grãos). Adicionalmente foram avaliadas a qualidade das águas superficiais próximas às lavouras estudadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em 2010 e 2011 em áreas agrícolas de Quinze de Novembro e Ibirubá (RS). O clima é classificado como Cfa-Koepfen (subtropical de verão úmido quente). O relevo da região é variável entre ondulado a suave ondulado. Os solos nesta região são, conforme levantamento de Santos et al. (1970), predominantemente Latossolos Vermelhos aluminoférricos e distróficos.

As áreas para este estudo foram escolhidas a partir disponibilidade de dados históricos da produções agrícola e suína, que já vinham recebendo DLS aplicados em superfície continuamente há pelo menos cinco anos. As doses de DLS aplicados nessas áreas foram estimadas com base em informações dos produtores. Dada a variabilidade anual e amplitude das doses estimadas, foram estabelecidos dois níveis de aplicação: altas doses de DLS (entre 120 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e baixas doses de DLS (até $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Também foram amostradas lavouras próximas sem aplicação de DLS e áreas sob florestas subtropicais (vegetação natural da região).

Amostras de solos foram obtidas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em mini-trincheiras escavadas em pontos representativos das lavouras. A textura do solo foi determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico total (CO) foi determinado por combustão seca; nitrogênio total (N_t) pelo método Kjeldahl; fósforo disponível (P_{disp}) e total (P_t), zinco extraível (Zn_{disp}) e total (Zn_t); cobre (Cu_{disp}) extraível e total (Cu_t) conforme métodos usuais detalhados em Tedesco et al. (1995). Amostras de água foram coletadas com intervalos de aproximadamente 6 semanas entre julho de 2010 a junho de 2011 na microbacia onde estão localizadas a maior parte das lavouras amostradas (área aproximada de 65 ha; drenagem principal com 875 m). Nestas lavouras são cultivadas pastagens perenes (*Cynodon sp. cv. Tifton*) que receberam cerca de $300 \text{ DLS m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; e áreas cultivadas com soja e milho (verão) e aveia (inverno), as quais recebem cerca de $80 \text{ m}^3 \text{ DLS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. As amostras de água foram refrigeradas após a coleta e levadas ao laboratório para análise de P e DBO conforme métodos da American Public Health Association

(APHA, 1998). Os DLS também foram amostrados em diferentes épocas e analisados (dados não apresentados).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com o modelo GLM no programa SAS. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste REGWQ ao nível de 5% de probabilidade (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos cultivados, mesmo aqueles com aplicações de grandes volumes DLS que carregam anualmente grandes quantidades de C e N (p.ex. 300 m³ DLS ha⁻¹ contém 33,8±61,8 Mg CO ha⁻¹ ano⁻¹ e 699±405 kg N_t ha⁻¹), não apresentaram CO e N_t significativamente maiores que solos sob vegetação natural (Floresta Subtropical) (Tabela 1). Arruda et al. (2010) obteve resultados semelhantes: não foram observadas diferenças de CO e N_t com aplicações de DLS de 0, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ em experimento de longa duração sobre Latossolo Vermelho distroférico. Estas observações podem em parte ser explicadas pela labilidade da matéria orgânica contida nos resíduos, evidenciada pela altíssima DBO dos DLS. De outra parte, o sistema de cultivo intensivo adotado nestas lavouras, mesmo que produzindo grandes quantidades de biomassa, não contribui com quantidades expressivas de resíduos vegetais, pelas substâncias retiradas de biomassa para silagem (cultura do milho) ou pelo pastejo intensivo (Tifton).

O P_{disp} aumentou significativamente nas três profundidades amostradas com aplicação de altas doses de DLS (Tabela 1), provavelmente devido a saturação dos sítios de adsorção para P nas camadas mais superficiais. Sendo este P adsorvido com baixa energia, poderá ocorrer lixiviação do P para a subsuperfície (Ceretta et al., 2010). Estes resultados são preocupantes porque as formas lábeis podem ser mais facilmente carregadas pelo escoamento superficial, com risco de contaminação das águas superficiais (Gatiboni et al., 2008). Em experimento de doses de DLS em um Argissolo em culturas anuais, Giroto et al. (2010) observaram que, com aplicação por vários anos de doses de DLS de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ antes de cada cultivo, as transferências de P_{disp} por escoamento superficial foram até sete vezes maiores em relação a um tratamento controle sem DLS. Bertol et al. (2010) também mediram maiores concentrações e cargas de P dissolvido, P particulado e P total, as quais aumentaram no escoamento superficial decorrente de eventos de precipitação após a aplicação de 60 m³ DLS ha⁻¹.

Diferenças significativas para P_t foram evidentes apenas na camada superficial para lavouras com altas doses de DLS (Tabela 1), para as quais estimou-se a adição de P via DLS em 136,8±165 kg P ha⁻¹ ano⁻¹. As altas doses de DLS (adicionando até 5,2±6 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn) apresentaram o maior valor para Zn total (Zn_t) quanto para Zn disponível (Zn_{disp}) na camada superficial destes Latossolos (Tabela 1). Na condição deste estudo, a elevação dos teores de Zn_t restringiu-se à superfície, provavelmente pela maior adsorção deste elemento nesta camada mais argilosa. De forma similar ao Zn_t, os teores de Cu_t observados foram muito semelhantes em todas as camadas para cada manejo, não apresentando diferenças significativas (Tabela 1). Giroto et al. (2010) observaram que Zn mineral predomina (60% do Zn_t) nos DLS; observaram incrementos no Zn_{disp} até 16 cm de profundidade no solo com aplicação continuada de 80 m³ ha⁻¹ de DLS em Argissolo com textura média (30% argila).

Tabela 1. Concentrações média de atributos de solo em Latossolos Vermelhos com horizontes superficiais argilosos da região de Ibirubá, RS, Brasil.

Quantidade de DLS	n	CO	N _t	P _t	P _{disp}	Zn _t	Zn _{disp}	Cu _t	Cu _{disp}	
		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
0 - 10 cm										
Controle ¹	12	29,4 a	2,8 a	701,5 b	8,2 b	103,7 ab	5,8 b	181,2 ns	6,8 b	
Sem	10	20,2 b	1,8 b	773,7 b	13,8 b	86,1 b	4,2 b	152,7	8,9 b	
Baixa	8	18,7 b	1,8 b	771,8 b	21,0 b	102,2 ab	9,1 b	196,1	12,6 ab	
Alta	14	21,4 ab	2,1 ab	1053,1 a	58,0 a	114,1 a	25,7 a	165,4	15,2 a	
10 - 20 cm										
Controle	12	17,5 a	1,7 a	624,2 ns	4,5 b	105,1 ns	4,0 ab	188,2 ns	10,4 ns	
Sem	10	14,8 ab	1,3 b	586,9	5,1 b	85,8	2,0 b	150,0	9,6	
Baixa	8	13,9 ab	1,3 b	648,1	5,9 b	97,1	2,5 b	202,6	13,3	
Alta	14	12,4 b	1,2 b	711,0	16,9 a	88,1	5,6 a	158,9	12,4	
20 - 30 cm										
Controle	12	15,1 ns	1,5 ns	602,0 ns	4,8 b	106,8 a	4,2 a	186,4 ns	12,4 ns	
Sem	10	11,8	1,0	543,6	4,3 b	80,2 b	1,4 b	152,3	10,5	
Baixa	8	11,5	1,1	599,7	4,1 b	93,6 ab	1,5 b	205,5	13,4	
Alta	14	10,9	1,0	614,3	11,6 a	82,6 b	3,0 ab	160,2	12,3	

¹Áreas definidas como "controle" se referem à fragmentos de Floresta Subtropical amostrados, adjacentes às lavouras amostradas.

De maneira geral, não foram constatadas diferenças significativas para os nutrientes estudados em solos com aplicação de baixas doses (até 80 m³ ha⁻¹) e sem aplicação de DLS. Esta observação sugere que as quantidades de nutrientes carregadas com estas doses de DLS são adequadas necessidades das culturas utilizadas nestas propriedades. Já nas situações de altas doses de DLS, aplicadas aos solo por longos períodos como neste caso, fica evidente o incremento substancial de todos os atributos com exceção do Cu_t na camada mais superficial. Nesta situação, há maior risco deste elementos atingirem as águas superficiais próximas pelo escoamento superficial nas lavouras. Entretanto, os incrementos deste elementos observados restringiram-se à camada superficial (0-10cm), o que recomendaria a utilização de manejos que deposite os resíduos subsuperficialmente, como a injeção do DLS no solo (Castaman, 2005).

Os parâmetros de qualidade da água considerados neste estudo foram avaliados conforme a Resolução CONAMA 357 (2005). A DBO no ponto intermediário e na foz da drenagem apresentaram concentrações acima do valor considerado apenas em uma data para enquadramento deste corpo d'água como classe 1 (DBO₅ a 20°C até 3 mg/L O₂) (Figura 1). Já os valores de P na água estiveram acima do valor considerado na legislação (0,025 mg/L) em seis das nove datas no ponto medido próximo à foz da drenagem (Figura 2). Estas observações indicam que, no ponto avaliado próximo à foz da drenagem, o efeito cumulativo de aplicações superficiais de DLS em boa parte da microbacia pode comprometer a qualidade das águas. Assim, pode-se inferir que ocasionalmente as quantidades de DLS aplicadas têm ultrapassado a capacidade de absorção *in situ* dos nutrientes associados aos DLS pelas culturas e/ou sua retenção pelo complexo sortivo dos solos. Aplicações de DLS antecedendo eventos de precipitação intensa, usuais nesta região especialmente nos meses de primavera e verão, especialmente quando o solo é manejado sob SPD (responsável por maior escoamento superficial como observado por Cogo et al., 2003) pode resultar em grandes quantidades de DLS transportados com o escoamento superficial (Bertol et al., 2010). Alternativas para atenuação da

carga poluente poderiam envolver modificações no manejo, como a injeção dos DLS (Daverede et al., 2004) pela vegetação ciliar existente no entorno das lavouras é limitado especialmente na metade inferior da drenagem. Segundo Lovell & Sullivan (2006), zonas de amortecimento com vegetação ciliar podem reduzir sensivelmente as cargas de contaminantes no escoamento superficial (entre 25 a 95%). Novos levantamentos e avaliação *on farm* mais rigorosos poderão elucidar as relações entre doses de DLS, os solos agrícolas, faixas de amortecimento e a qualidade das águas superficiais próximas.

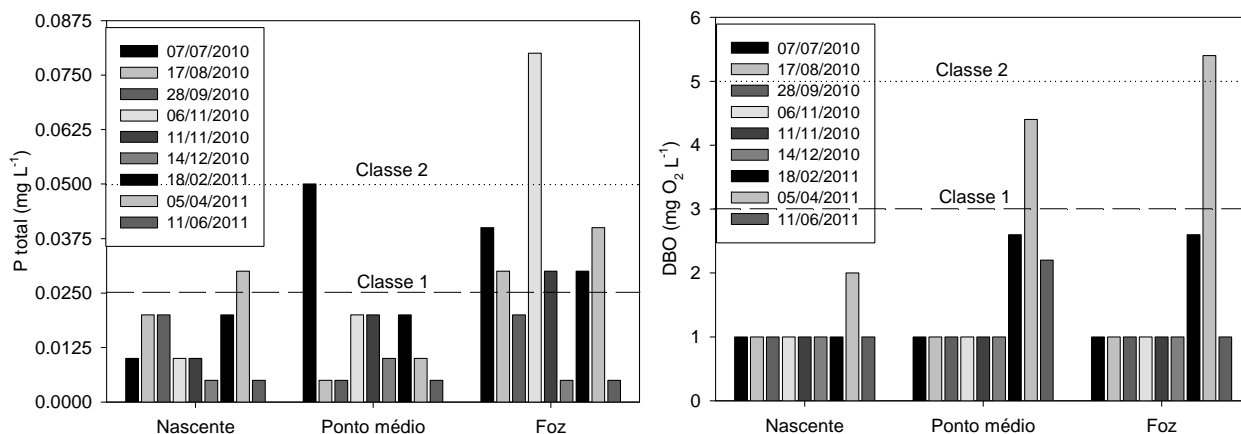


Figura 1. Fósforo e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) em águas superficiais de microbacia hidrográfica com aplicação continuada de DLS (Quinze de Novembro, RS, Brasil).

CONCLUSÃO

A aplicação intensiva e continuada de DLS em da região de Ibirubá, importante centro suinícola do sul do Brasil aumentou a disponibilidade de P, Cu e Zn disponíveis nas superfícies destes Latossolos Vermelhos argilosos. Teores de P incompatíveis com a Classe 1 (CONAMA-Brasil) foram medidos nas águas superficiais à jusante das lavouras com aplicação de DLS, o que indica a necessidade de mudança no manejo dos dejetos, como pela injeção do DLS em subsuperfície e melhoria na proteção dos cursos d'água nestas áreas, como por exemplo pela implantação ou adequação das zonas de retenção para o escoamento superficial (*buffer strips*).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa Científica) pelo apoio financeiro e bolsa de estudo, à Prefeitura de Quinze de Novembro (RS), à Cooperativa Gen.Osório (COTRIBÁ) de Ibirubá (RS), à EMATER/RS e aos produtores rurais de Quinze de Novembro e Ibirubá (RS).

BIBLIOGRAFIA

- ABIPECS-Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. 2011. Disponível Em: < www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/exportacao.html>. Acesso em 12 Dez. 2011.
- Allen, B.L.; Mallarino, A.P. Effect of Liquid Swine Manure Rate, Incorporation, and Timing of Rainfall on Phosphorus Loss with Surface Runoff. 2008. J. Env. Qual 37: 125-137.
- Anami, M.H.; Sampaio, S.C.; Suszek, M.; Gomes, S.D.; Queiroz, M.M.F. 2008. Deslocamento Miscível de Nitrato e Fosfato Proveniente de Água Residuária da Suinocultura em Colunas de Solo. Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.12:75-80.
- Angers, D.A.; Chantigny, M.H.; MacDonald, J.D.; Rochette, P.; Côté, D. 2009. Differential Retention of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in Grassland Soil Profiles with Long-Term Manure Application. Nutr. Cycling Agroecosyst. 86: 225-229.
- APHA-American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington: APHA, 1998, 937p.

- Ariovaldo, A.T.L.; Folegatti, M.V.; Duarte, S.N. Qualidade Da Água Em Uma Microbacia Hidrográfica Do Rio Piracicaba 2010. Rev. Bras. Eng. Agric. Amb. 14: 937-943.
- Arruda, C.A.O.; Alves, M.V.; Mafra, A.L.; Cassol, P.C.; Albuquerque, J.A.; Santos, J.C.P. 2010 Aplicação de Dejeito Suíno e Estrutura de Um Latossolo Vermelho sob Semeadura Direta. Ciência Agrotécnica 34:804-809.
- Berto, J. 2004. Balanço De Nutrientes em Sub-Bacia com Concentração de Suínos e Aves como Instrumento de Gestão Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Inst. Pesq. Hidráulicas, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre. 199pp. (Dissertação de Mestrado).
- Bertol, O.J.; Rizzi, N.E.; Favaretto, N.; Lana, M.C. 2010. Phosphorus Loss by Surface Runoff in No-Till System under Mineral and Organic Fertilization. Sci. Agric. 67:71-77.
- CONAMA-Conselho Nacional Do Meio Ambiente.2005. Resolução nº 357 de 17 Março 2005. Brasília. 23p.
- Castamann, A. 2005. Aplicação de Dejetos Suínos na Superfície e no Sulco em Solo Cultivado com Trigo. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 120pp. (Dissertação de Mestrado).
- Ceretta, C.A.; Lorensini,.; Brunetto, G.; Giroto, E.; Gatiboni, L.C.; Lourenzi, C.R.; Tiecher, T.L.; De Conti, L.; Trentin, G.; Miotto, A. 2010. Frações de Fósforo no Solo após Sucessivas aplicações de Dejetos de Suínos em Plantio Direto. Pesq. Agropec. Bras. 45:593-602.
- Cogo, N.P., Levien, R., Schwarz, R.A. 2003. Perdas de Solo e Água por Erosão Hídrica Influenciadas por Métodos de Preparo, Classes de Declive e Níveis de Fertilidade do Solo. Rev. Bras. Ci. Solo 27: 743-753.
- Daverede, I.C., Kravchenko, A.N., Hoef, R.G., Nafziger, E.D., Bullock, D.G., Warren, J.J., Gonzini, L.C., 2004. Phosphorus Runoff from Incorporated and Surface-Applied Liquid Swine Manure and Phosphorus Fertilizer. J. Environ. Qual. 33:1535–1544
- EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 1997. Métodos de Análise de Solo. 2ª ed. Rio De Janeiro. 212pp.
- FATMA-Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. Instrução Normativa 11. Disponível em <www.fatma.sc.gov.br>. Acesso em: 15 Dez. 2011.
- FEPAM-Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Critérios Técnicos para Licenciamento Ambiental de Novos Empreendimentos destinados a Suinocultura. Norma Técnica. Disponível em: < www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em 15 Dez. 2011.
- Gatiboni, L.C.; Brunetto, G.; Kaminski, J.; Rheinheimer, D.S.; Ceretta, C.A.; Basso, C.J. , 2008. Formas de Fósforo no Solo após Sucessivas Adições de Dejeito Líquido de Suínos Em Pastagem Natural. R. Bras. Ci. Solo, 32:1753-1761.
- Giroto, E.; Ceretta, C.A.; Brunetto, G.; Santos, D.R.; Silva, L.S.; Lourenzi, C.R.; Lorensini, F.; Vieira, R.C.B.; Schmatz, R. 2010. Acúmulo e Formas de Cobre e Zinco no Solo após Aplicações Sucessivas de Dejeito Líquido de Suínos. R. Bras. Ci. Solo, 34:955-965.
- Graber, I.; Hansen, J.F.; Olesen, S.E.; Petersen, J.; Ostergaard, H.S.; Krogh, L. 2005.Accumulation of Copper and Zinc in Danish Agricultural Soils in Intensive Pig Production Areas. Danish J. Geography 105:15-22.
- Lovell,S.T.; Sullivan, W.C. 2006. Environmental Benefits of Conservation Buffers in the United States: Evidence, Promise, and Open Questions. Agr. Ecos. Env..112: 249–260.
- Miranda, C.R. 2007. Aspectos Ambientais da Suinocultura Brasileira. p.13-36. IN: Segnfredo, M. A. Gestão Ambiental na Suinocultura. Embrapa Informação Tecnológica-Brasília.226pp.
- N'Dayegamiye, A.; Côté, D. 1989. Effect of Long Term Pig Slurry and Solid Cattle Manure Application on Soil Chemical and Biological Properties. Can. J. Soil Sci. 69:39-47.
- Santos, M. C. L; Klamt, E.; Kampf, N.; Abrão, P. U. R.; Azolim, M. A. 1970. Levantamento e Utilização dos Solos do Município de Ibirubá. INCRA:Secretaria Da Agricultura. 110pp.
- Sisti, C.P.J.; Santos, H.P.; Kohmann, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2004. Change in Carbon and Nitrogen Stocks in Soil Under 13 Years of Conventional or Zero Tillage in Southern Brazil. Soil Til. Res. 76:39–58.
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. 1995. Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais. Porto Alegre, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. 172pp.