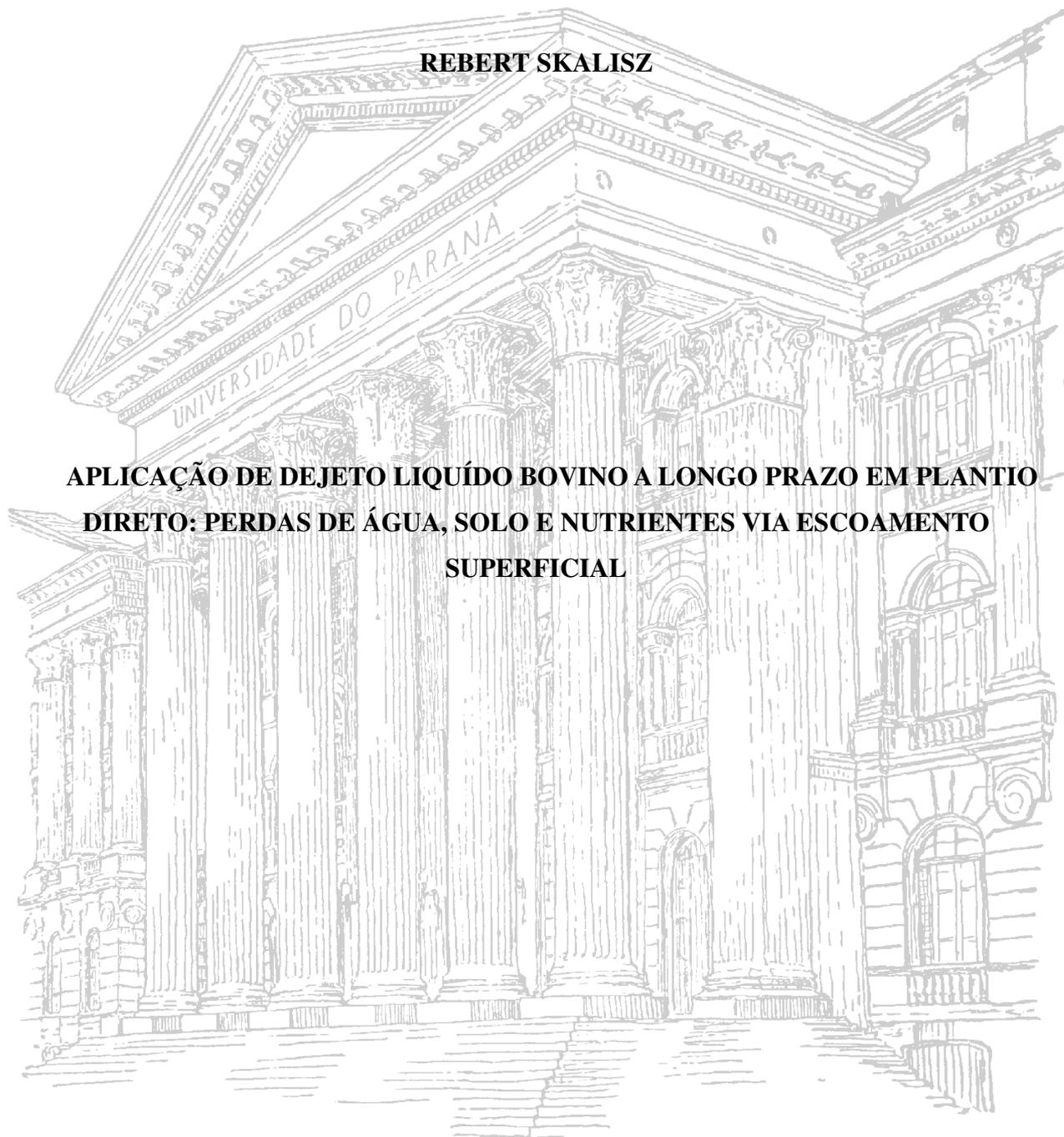


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

REBERT SKALISZ

**APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO
DIRETO: PERDAS DE ÁGUA, SOLO E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO
SUPERFICIAL**



CURITIBA

2013

REBERT SKALISZ

**APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO
DIRETO: PERDAS DE ÁGUA, SOLO E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO
SUPERFICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof. Dra. Nerilde Favaretto
Co-orientadora: Profa. Dra. Fabiane M. Vezzani
Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
Mestrado e Doutorado



PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **REBERT SKALISZ**, intitulada “Aplicação de dejetos líquidos bovinos a longo prazo em plantio direto: perdas de água, solo e nutrientes via escoamento superficial”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela “**APROVAÇÃO**” da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 26 de abril de 2013.

Prof. Dr. Nerilde Favaretto, Presidente

Prof. Dr. Gabriel Barth, I°. Examinador

Prof. Dr. Volnei Pauletti, II°. Examinador

Prof. Dr. Jeferson Dieckow, III°. Examinador

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – SCA – UFPR
Rua dos Funcionários, 1540 - Bairro Cabral
80035-050 - Curitiba - PR - Fone/Fax: (41) 3350-5648
pgcisol@ufpr.br | www.pgcisol.agrarias.ufpr.br



AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus familiares e amigos que incentivaram esta caminhada no curso de mestrado, em especial ao meu filho Joseph, o motivo de todos os meus anseios, e também a minha esposa Carolina pelo companheirismo, ajuda e motivação. Aos meus pais Reinaldo e Lucia, pelo exemplo e pelo carinho, sempre ajudando em todas as necessidades, a minha irmã Luana que sempre me apoiou todas as coisas e a memória do meu irmão Gregory, pessoa que sempre quis o meu sucesso.

A minha orientadora, Prof^ª Nerilde Favaretto, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança e paciência mesmo nos meus momentos de falhas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo por todo conhecimento repassado. A todos os colegas das turmas de Mestrado de 2010, 2011 e 2012, pelas dificuldades compartilhadas, conhecimentos divididos, risadas e descontrações nos trabalhos e aulas de campo.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, em especial a Dona Elda pelo acolhimento no laboratório de Física nos primeiros meses de mestrado.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, pela oportunidade de realizar este trabalho e ao Programa REUNI, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos com quem tive envolvimento nesta caminhada, ficam meus agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
1. CAPÍTULO 1. APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO DIRETO: PERDAS DE ÁGUA, SOLO E CARBONO VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL.	
Resumo	3
Abstract	4
1. Introdução	5
2. Material e Métodos	6
3. Resultados e Discussão	12
4. Conclusões	19
5. Literatura Citada	20
2. CAPÍTULO 2. APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO DIRETO: PERDAS DE NUTRIENTES SOLÚVEIS VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL.	
Resumo	24
Abstract	25
1. Introdução	26
2. Material e Métodos	27
3. Resultados e Discussão	28
4. Conclusões	37
5. Literatura Citada	38
CONCLUSÃO GERAL	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO DIRETO: PERDAS DE ÁGUA, SOLO E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Autor: Rebert Skalisz

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nerilde Favaretto

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiane Machado Vezzani

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

RESUMO GERAL

A região dos Campos Gerais no Paraná é caracterizada como um grande pólo de produção de bovinocultura leiteira, bem como é destaque a produção agrícola sob plantio direto. O objetivo geral deste trabalho foi quantificar as perdas de água, solo e nutrientes via escoamento superficial em sistema de plantio direto sob chuva natural e aplicação de dejetos líquidos bovinos a longo prazo (seis anos) em dois Latossolos, um de textura arenosa e outro argilosa. Os experimentos foram conduzidos em duas estações experimentais da Fundação ABC-PR, nos municípios de Ponta Grossa (Latossolo arenoso) e Castro (Latossolo argiloso), instalados em novembro de 2005 e maio de 2006, respectivamente. Os tratamentos, distribuídos em quatro blocos ao acaso, foram constituídos por quatro doses de dejetos líquidos bovinos - DLB (0, 60, 90, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicadas metade na safra de inverno e metade na safra de verão, em parcelas de 29,75 m² delimitadas por chapas de zinco. O escoamento superficial foi coletado após cada evento de chuva. O período avaliado foi de junho de 2008 a abril de 2012. A aplicação de DLB até a dose 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ reduziu as perdas de água, solo e carbono orgânico total em ambos os solos. Para as perdas dos nutrientes solúveis, o Latossolo argiloso apresentou redução nas perdas de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ com aplicação até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, já para o Latossolo arenoso ocorreu a redução apenas para N-NH₄⁺; N-NO₃⁻ aumentou com o aumento das doses aplicadas; P-solúvel não houve diferença entre os tratamentos em ambos os solos. As concentrações dos nutrientes no escoamento aumentaram com o aumento das doses, representando um potencial de contaminação das águas superficiais. Mediante os resultados, a dose máxima de DLB recomendada para ambos os solos é 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Palavras-chave: esterco, erosão, fósforo, nitrogênio

LONG TERM APPLICATION OF DAIRY LIQUID MANURE IN NO-TILL: WATER, SOIL AND NUTRIENTS LOSSES BY RUNOFF

Author: Rebert Skalisz

Advisor: Prof.. Dr ^a. Nerilde Favaretto

Co-Advisor: Prof.. Dr ^a. Fabiane Machado Vezzani

Co-supervisor: Prof. Dr. Volnei Pauletti

ABSTRACT

The “ Campos Gerais” in Paraná is characterized as a major center of dairy cattle production, as well as no-tillage agricultural system. The aim of this study was to quantify the water, soil and nutrients losses via runoff in a no-tillage system, under a natural rainfall and dairy liquid manure application in a long period of time (six years) in two Oxisols: sandy and clayey soils. The experiments were conducted in two experimental stations in the cities of Ponta Grossa (sandy Oxisol) and in Castro (clayey Oxisol), installed on November, 05th and on June, 06th, respectively. The treatments were distributed into four plots and consisted of four doses of dairy liquid manure - DLM (0, 60, 90, 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹). The manure was applied in the winter and summer crop in 29.75 m² plot bounded by metal strip. The runoff was collected after each rainfall. The study period was from June, 2008 to April 2012. The DLM application until 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ reduced the water losses and the total organic carbon in the both soils. For losses of soluble nutrients, the clayey Oxisol decreased N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ with the application of DLM until 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ while for the sandy Oxisol the reduction occurred only for N-NH₄⁺; N-NO₃⁻ increased with the doses applied. The losses of soluble P did not differ among treatments in the both soils. In general, runoff nutrient concentrations increased with DLM application, indicating risks of surface water contamination. According to the previous results, application of 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ of DLM is the maximum dose recommended in the both soils.

Keywords: manure, erosion, phosphorus, nitrogen.

INTRODUÇÃO GERAL

Atividades agropecuárias que envolvem confinamento de animais, são comuns no meio rural. Este modelo de sistema de produção abriga uma maior lotação de indivíduos em uma menor delimitação de espaço, gerando assim uma grande quantidade de resíduos. Entretanto o inadequado manejo desses resíduos pode resultar na contaminação de rios, lençóis subterrâneos, solo e água.

A contaminação das águas superficiais (rios e lagos) por atividades agrícolas se dá, principalmente, pelo acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C) oriundos de fertilizantes minerais e orgânicos bem como do próprio solo, sendo estes nutrientes carregados via escoamento superficial ou lixiviados (em especial para o N). Estes elementos aceleram o processo de eutrofização e comprometem a qualidade da água.

Na microrregião de Ponta Grossa-PR, que abrange as cidades de Castro, Carambei, Palmeira e Ponta Grossa, uma das atividades agrícolas de destaque é a bovinocultura leiteira, realizada principalmente sob sistema de semi-confinamento denominado “*free-stall*” (Koehler, 2000) e os dejetos gerados são comumente aplicados em áreas de produção agrícola.

Os efeitos da aplicação de dejetos na agricultura são diversos, contribuem para a fertilidade do solo e também para melhoria de seus atributos físicos, além de um aumento da atividade biológica entre outros benefícios (Schroder, 2005).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de dejetos líquidos bovino a longo prazo em sistema de plantio direto, na perda de solo, água e nutrientes via escoamento superficial sob chuva natural em dois Latossolos, sendo um de textura arenosa e outro de textura argilosa. Os objetivos específicos do trabalho são (i) Avaliar as perdas de água e solo via escoamento superficial em áreas com aplicações anuais (seis anos) de diferentes doses de dejetos líquidos bovino; (ii) Avaliar as concentrações médias ponderadas e perdas acumuladas de nitrogênio, fósforo e carbono via escoamento superficial em áreas com aplicações anuais (seis anos) de diferentes doses de dejetos líquidos bovino; (iii) Avaliar as perdas de solo, água e nutrientes nas safras de verão e inverno.

A dissertação está dividida em dois capítulos, sendo o primeiro referente às perdas de água, solo e carbono orgânico total e o segundo referente às perdas de nitrogênio e fósforo em suas formas solúveis.

LITERATURA CITADA

KOEHLER, J. C. Caracterização da bovinocultura de leite no estado do Paraná. Curitiba: SEAB/DERAL, 2000.

SCHRODER J. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology*, 96:253-261, 2005.

CAPÍTULO 1 – APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO DIRETO: PERDAS DE ÁGUA, SOLO E CARBONO VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RESUMO

O incremento de matéria orgânica no solo melhora atributos físicos como taxa de infiltração e estabilidade de agregados, reduzindo assim o escoamento superficial e a erosão hídrica. O objetivo geral deste trabalho foi quantificar as perdas de água, solo e carbono orgânico total via escoamento superficial em sistema de plantio direto sob chuva natural e aplicação de dejetos líquidos bovinos a longo prazo (seis anos) em dois Latossolos, sendo um de textura arenosa e outro argilosa. Os experimentos foram conduzidos em duas estações experimentais da Fundação ABC-PR, nos municípios de Ponta Grossa (Latossolo arenoso) e Castro (Latossolo argiloso), instalados em novembro de 2005 e maio de 2006, respectivamente. Os tratamentos, distribuídos em quatro blocos ao acaso, foram constituídos por quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicadas metade na safra de inverno e metade na safra de verão, em parcelas de 29,75 m² delimitadas por chapas de zinco. O escoamento superficial foi coletado após cada chuva. O período avaliado foi de junho de 2008 a abril de 2012. A aplicação de DLB até a dose 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ reduziu as perdas de água, solo e carbono orgânico total em ambos os solos indicando ser esta a dose máxima recomendada. As concentrações de carbono orgânico total no escoamento aumentaram com o aumento das doses aplicadas, gerando riscos de comprometimento das águas superficiais.

Palavras-chave: esterco, erosão, sedimentos e matéria orgânica.

CHAPTER 1 – LONG TERM APPLICATION OF DAIRY LIQUID MANURE IN NO-TILL OF WATER, SOIL AND ORGANIC CARBON LOSSES BY RUNOFF

ABSTRACT

The increase of the soil organic matter improves physical attributes as infiltration and aggregate stability, thereby reducing runoff and erosion. The aim of this study was to quantify the water, soil and total carbon losses via runoff in a no-tillage system, under a natural rainfall and dairy liquid manure application in a long period of time (six years) in two Oxisols: sandy and clayey soils. The experiments were conducted in two experimental stations in the cities of Ponta Grossa (sandy Oxisol) and in Castro (clayey Oxisol), installed on November, 05th and on June, 06th, respectively. The treatments were distributed into four plots and consisted of four doses of dairy liquid manure - DLM (0, 60, 90, 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹). The manure was applied in the winter and summer crop in 29.75 m² plot bounded by metal strip. The runoff was collected after each rainfall. The study period was from June, 2008 to April 2012. The DLM application until 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ reduced the soil, water and total organic carbon losses in both soils, indicating that this is the maximum recommended dose. The concentrations of the total organic carbon increased with DLM application indicating risks of impairment in the surface waters.

Keywords: manure, erosion, sediment and organic matter.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de dejetos de animais sob a forma de biofertilizante é freqüente em locais onde há grande geração dos mesmos. Na região dos Campos Gerais no Paraná a bovinocultura leiteira é atividade de destaque, realizada principalmente sob sistema confinado *free-stall* (Koehler, 2000; Mori et al., 2009). Os dejetos gerados neste sistema de produção são frequentemente aplicados superficialmente em áreas agrícolas manejadas sob plantio direto.

Os efeitos da aplicação de dejetos na agricultura são diversos, estudos com aplicação de dejetos e chuva simulada logo após a aplicação apontam para o aumento da perda de solo, água e nutrientes por escoamento superficial, comprometendo o meio ambiente, mais especificamente a qualidade da água (Bertol et al., 2007; Smith et al., 2007; Mori et al., 2009).

Em contrapartida estudos de longo prazo ou com intervalos maiores entre aplicação de dejetos e ocorrência de chuva mostram um efeito positivo da aplicação de dejetos de animais.

Gilley & Risse (2000) avaliando as perdas de solo e água, sob eventos de precipitação natural, em diferentes solos com e sem a aplicação de adubação orgânica com esterco, observaram a redução nas perdas em todos os solos em que foram feitas as aplicações.

A diminuição das perdas pode ser atribuída ao aumento dos teores de matéria orgânica (M.O.) no solo ao longo do tempo devido a aplicação do dejetos (Sommerfeldt et al., 1988; Hao et al., 2003; Mando et al., 2005). Além da aplicação de resíduos, o sistema de plantio direto também contribui para o incremento de matéria orgânica no solo (Bayer et al., 2004; Lovato et al., 2004).

O aumento da M.O. do solo provoca melhoria em atributos físicos como permeabilidade e estabilidade de agregados (Tisdall & Oades, 1982; Castro Filho et al., 1998; Jiao et al., 2006), aumentando a infiltração da água. Mellek et al. (2010) encontraram melhorias das propriedades físicas no solo com aplicação de dejetos líquido bovino por dois anos, o mesmo foi encontrado por Benbi et al. (1998) e Bhattacharyya et al. (2007) avaliando os efeitos da aplicação de dejetos a longo prazo, representando uma redução do escoamento superficial.

Porém, mesmo com a melhoria destes atributos, o solo não está livre de processos de escoamento superficial da água, pois segundo Bertol et al. (2007), independente do manejo dado ao solo, este possui capacidade finita de infiltração de água.

Ocorrendo o escoamento superficial, além das perdas de água, também ocorrerão perdas de solo sob a forma de sedimentos, compostos de partículas minerais do solo e matéria orgânica. Envoltas as questões ambientais o carbono orgânico, proveniente da matéria orgânica do escoamento, representa risco de contaminação das águas superficiais e comprometimento da sua qualidade, pois aumenta a demanda química e bioquímica de oxigênio, comprometendo a vida aquática (Hooda et al., 2000; Eghball et al., 2002).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação a longo prazo (seis anos) de diferentes doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) sobre as perdas de água, solo e carbono via escoamento superficial em sistemas de plantio direto com rotação de cultura sob chuva natural em dois tipos de solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS

Os experimentos foram conduzidos em duas estações experimentais da Fundação ABC, sendo um em Ponta Grossa -PR sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura franco argilo arenoso com 13% de declividade e outro em Castro -PR sobre um Latossolo Bruno Distrófico típico, textura muito argilosa com 9,6% de declividade (EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABC, 2001), o clima da região é Cfb, com precipitação média anual de 1554mm. Atributos físicos e químicos dos solos estão descritos nos Tabelas 1 e 2.

Os experimentos foram instalados em novembro de 2005 (Latosolo arenoso-Ponta Grossa) e maio de 2006 (Latosolo argiloso-Castro) sob sistema de plantio direto a mais de 15 anos e rotação de culturas, sendo aveia e trigo cultivados no inverno, milho e soja cultivados no verão, as datas de plantio e as cultivares utilizadas estão descritas no quadros 3 e 4.

TABELA 1. Atributos físicos dos solos nas áreas experimentais na profundidade de 0 – 20 cm, antes da instalação dos experimentos.

Solos	argila	silte	areia	DMP	DS	Porosidade		CH
	.....g kg ⁻¹.....	.....g kg ⁻¹.....	.....g kg ⁻¹	(mm)	(g cm ⁻³)	micro	% macro	(mm h ⁻¹)
Latosolo Arenoso	228	33	739	1,33	1,50	28	15	47
Latosolo Argiloso	701	111,5	187,5	2,92	1,03	43,6	16,5	5,2

Diâmetro médio ponderado (DMP), densidade do solo (DS) e condutividade hidráulica saturada (CH)

Fonte: Adaptado de Mori (2009) e Timofiecsyk (2009).

TABELA 2. Atributos químicos dos solos nas áreas experimentais na profundidade de 0 – 20 cm, antes da instalação dos experimentos.

Solos	pH	Al	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P(Mehlich)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	C
	CaCl ₂	.....cmol _c dm ³.....	.....cmol_{c} dm^{3}.....	.....cmol_{c} dm^{3}.....	.....cmol_{c} dm^{3}.....	.....mg dm ⁻³.....	.....mg dm ⁻³.....	.....mg dm ⁻³	g dm ⁻³
Latosolo Arenoso	5,1	0	3,5	3,7	0,7	19	14,4	17	13,2
Latosolo Argiloso	5,4	0	4,6	5	1,4	4,0	-	-	25,6

Fonte: Adaptado de Mori (2009) e Timofiecsyk (2009).

Os tratamentos foram quatro doses de DLB (0, 60, 120, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicadas em duas etapas, metade no plantio de inverno e metade no plantio de verão com o auxílio de regadores. A caracterização dos dejetos aplicados está nos Tabelas 3 e 4 e as quantidades de nutrientes aplicadas em cada tratamento estão no Tabelas 5 e 6. Além do DLB as culturas receberam adubação mineral de acordo com suas necessidades (Tabelas 7 e 8).

TABELA 3. Características do dejetto líquido bovino aplicado, desde a instalação do experimento, na unidade experimental de Ponta Grossa (Latossolo arenoso).

Data da aplicação DLB	Matéria Seca (g L ⁻¹)	Nitrogênio (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)		Fósforo (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)		Potássio (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)	
07/12/2005	16,0	0,38	24,00	0,22	14,00	0,84	52,00
24/04/2006	86,4	2,20	24,50	0,84	9,80	1,66	19,30
22/09/2006	68,4	0,68	24,70	0,69	10,20	1,85	27,07
15/06/2007	110,2	2,30	20,90	0,63	6,17	1,87	17,00
27/11/2007	72,0	1,56	21,80	0,60	8,34	2,18	30,40
26/06/2008	108,2	2,14	19,80	0,73	6,70	2,03	18,72
17/08/2008	97,3	2,08	21,40	0,61	6,22	1,71	17,54
30/07/2009	73,4	1,71	23,30	0,77	10,42	1,82	24,81
09/12/2009	158,2	2,42	15,30	0,65	4,12	3,52	22,28
21/05/2010	71,4	1,68	23,50	0,79	11,08	2,17	30,42
17/11/2010	129,4	2,76	21,30	1,22	9,46	3,00	23,15
11/08/2011	15,9	0,02	1,40	0,02	1,31	0,02	1,03
04/01/2012	43,4	1,18	27,30	0,55	12,57	0,71	16,35
Média	87,2	1,75	19,16	0,67	7,74	1,87	19,29
Desvio Padrão	45,99	0,79	7,44	0,31	3,58	1,06	8,09

TABELA 4. Características do dejetto líquido bovino aplicado, desde a instalação do experimento, na unidade experimental de Castro (Latossolo argiloso).

Data da aplicação DLB	Matéria Seca (g L ⁻¹)	Nitrogênio (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)		Fósforo (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)		Potássio (g L ⁻¹) (g kg ⁻¹)	
11/05/2006	90,5	1,82	20,10	0,77	8,51	3,46	38,15
05/10/2006	75,5	1,74	23,20	0,61	8,12	2,37	31,50
04/05/2007	43,3	0,95	22,20	0,41	9,60	1,48	34,60
30/11/2007	89,6	2,00	22,50	0,73	8,25	2,80	31,46
31/07/2008	87,1	1,96	22,50	0,61	7,05	2,43	27,93
07/01/2009	46,7	1,10	23,60	0,32	6,88	1,34	28,71
04/08/2009	51,0	0,94	18,40	0,63	12,44	1,64	32,19
30/10/2009	44,9	1,17	26,00	0,41	9,20	0,73	16,31
21/07/2010	85,5	1,56	18,30	0,70	8,23	2,75	32,19
27/01/2011	93,1	1,74	18,70	0,84	9,07	3,54	38,00
27/08/2011	113,0	2,29	20,30	0,83	7,36	3,58	31,69
09/11/2011	94,0	1,85	19,70	0,69	7,31	3,17	33,68
Média	76,9	1,58	20,94	0,63	8,44	2,40	30,09
Desvio Padrão	25,8	0,44	2,63	0,17	1,73	0,99	5,95

TABELA 5. Quantidade de nutrientes (N, P e K) aplicados nas diferentes safras inverno/verão via dejetos líquidos bovinos nos diferentes tratamentos desde a instalação do experimento na unidade experimental de Ponta Grossa (Latossolo arenoso).

Safras	30 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹			60 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹			90 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
kg ha ⁻¹									
Verão 05/06	11,4	6,6	25,2	22,8	13,2	50,4	34,2	19,8	75,6
Inverno 2006	63,6	25,2	49,8	127,2	50,4	99,6	190,8	75,6	149,4
Verão 06/07	50,4	20,7	55,5	100,8	41,4	111	151,2	62,1	166,5
Inverno 2007	69	18,9	56,1	138	37,8	112,2	207	56,7	168,3
Verão 07/08	46,8	18	65,4	93,6	36	130,8	140,4	54	196,2
Inverno 2008	64,3	21,8	60,8	128,5	43,5	121,5	182,3	65,3	182,3
Verão 08/09	62,5	18,2	51,2	124,9	36,3	102,4	153,6	54,5	153,6
Inverno 2009	51,3	23,0	54,6	102,6	45,9	109,2	163,9	68,9	163,9
Verão 09/10	72,6	19,5	105,7	145,2	39,1	211,5	317,2	58,6	317,2
Inverno 2010	50,3	23,7	65,1	100,7	47,5	130,3	195,4	71,2	195,4
Verão 10/11	82,7	36,7	89,9	165,4	73,5	179,7	269,6	110,2	269,6
Inverno 2011	15,93	0,022	1,40	0,021	1,31	0,016	1,03	15,93	0,022
Verão 11/12	35,5	16,4	21,3	71,1	32,7	42,6	63,9	49,1	63,9
TOTAL	661,1	249,3	701,1	1322,2	498,5	1402,2	2070,9	747,8	2103,3

TABELA 6. Quantidade de nutrientes (N, P e K) aplicados nas diferentes safras inverno/verão via dejetos líquidos bovinos nos diferentes tratamentos, desde a instalação do experimento, na unidade experimental de Castro (Latossolo argiloso).

Safras	30 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹			60 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹			90 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
kg ha ⁻¹									
Inverno 2006	54,8	23,2	104	109,6	46,4	208	164,4	69,6	312
Verão 06/07	52,3	18,3	71,1	104,6	36,6	142,2	156,9	54,9	213,3
Inverno 2007	28,6	12,4	44,6	57,2	24,8	89,2	85,8	37,2	133,8
Verão 07/08	60	22	84	120	44	168	180	66	252
Inverno 2008	58,8	18,4	73,0	117,6	36,9	146,0	176,4	55,3	219,0
Verão 08/09	33,1	9,6	40,2	66,1	19,3	80,5	99,2	28,9	120,7
Inverno 2009	28,2	19,0	49,2	56,3	38,1	98,5	84,5	57,1	147,7
Verão 09/10	35,0	12,4	22,0	70,0	24,8	43,9	105,1	37,2	65,9
Inverno 2010	46,9	21,1	82,6	93,9	42,2	165,1	140,8	63,4	247,7
Verão 10/11	52,2	25,3	106,1	104,5	50,6	212,3	156,7	76,0	318,4
Inverno 2011	68,8	24,9	107,4	137,6	49,9	214,9	206,5	74,8	322,3
Verão 11/12	55,6	20,6	95,0	111,1	41,3	189,9	166,7	61,9	284,9
TOTAL	574,3	227,4	879,2	1148,5	454,8	1758,5	1722,8	682,2	2637,7

TABELA 7. Safras, culturas e cultivares, época de semeadura, e quantidades de N, P e K aplicados via adubação mineral em todos os tratamentos desde a instalação do experimento, na unidade experimental de Ponta Grossa (Latossolo arenoso).

Safr	Cultura	Cultivar	Semeadura	N	P	K
				.....kg ha ⁻¹		
Verão 05/06	Soja	CD 206	09/11/2005	0	26	46
Inverno 2006	Aveia preta	IAPAR 61	26/04/2006	0	0	0
Verão 06/07	Milho	AG 8021	21/09/2006	186	56	0
Inverno 2007	Trigo	CD 111	12/06/2007	36	26	46
Verão 07/08	Soja	CD 206	31/10/2007	0	26	46
Inverno 2008	Aveia Preta	Comum	25/04/2008	0	0	0
Verão 08/09	Milho	P 30R50	17/09/2008	171	42	72
Inverno 2009	Trigo	BRS 208	08/06/2009	120	26	50
Verão 09/10	Soja	BRS 232	03/11/2009	0	26	50
Inverno 2010	Aveia Preta	Comum	21/04/2010	0	0	0
Verão 10/11	Milho	P 30F36H	28/10/2010	171	42	72
Inverno 2011	Trigo	Mirante	01/06/2011	104	39	50
Verão 11/12	Soja	BMX Potencia	22/11/2011	0	26	50

TABELA 8. Safras, culturas e cultivares, época de semeadura e quantidades de N, P e K aplicados via adubação mineral em todos os tratamentos, desde a instalação do experimento, na unidade experimental de Castro (Latossolo argiloso).

Safr	Cultura	Cultivar	Semeadura	N	P	K
				.....kg ha ⁻¹		
Inverno 2006	Aveia Preta	Comum	26/04/2006	0	0	0
Verão 06/07	Milho	P 30F53	21/09/2006	187	49	67
Inverno 2007	Aveia Preta	Comum	12/06/2007	0	0	0
Verão 07/08	Soja	CD 206	31/10/2007	0	17	31
Inverno 2008	Trigo	Quartzo	26/06/2008	114	39	50
Verão 08/09	Soja	NK 3363	27/11/2008	0	22	42
Inverno 2009	Aveia Preta	Comum	08/06/2009	0	0	0
Verão 09/10	Milho	P 30F53	18/09/2009	150	41	42
Inverno 2010	Trigo	Quartzo	14/06/2010	134	30	62
Verão 10/11	Soja	CD 206	10/12/2010	0	26	50
Inverno 2011	Aveia Preta	Comum	01/05/2011	0	0	0
Verão 11/12	Milho	AS 1555YG	15/09/2011	165	39	50

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais (parcelas). As parcelas possuíam 9,0 m de

comprimento por 3,5 m largura, delimitadas por uma chapa de zinco de 10 cm de altura enterrada a 5 cm no solo, afunilando na parte inferior da parcela onde é conectado a um coletor com reservatório para 60 litros. As parcelas eram desmontadas e montadas novamente a cada operação de plantio e colheita, respeitando sempre a locação inicial do experimento.

2.2 COLETAS DO ESCOAMENTO

As coletas foram feitas após eventos de precipitação com volume de escoamento superficial em pelo menos uma parcela. O volume coletado foi medido em baldes e provetas graduadas e através da relação volume/área foi transformado em mm de água perdida, o período avaliado foi junho/2008 a abril/2012 e corresponde aos últimos quatro anos desde a instalação dos experimentos, os dados referentes aos dois primeiros anos já foram publicados por Silveira (2009) e Timofiecsyk (2009) para o Latossolo arenoso e argiloso respectivamente.

Ao todo ocorreram 59 coletas de escoamento superficial na unidade experimental de Ponta Grossa (Latossolo arenoso) e 62 coletas na unidade experimental de Castro (Latossolo argiloso). A Figura 1 descreve os volumes de precipitação mensal ocorridos nos experimentos e o Tabela 9 descreve os volumes totais anuais no período avaliado (junho/2008 a abril/2012), todos os dados foram coletados por estações meteorológicas dentro de cada estação experimental.

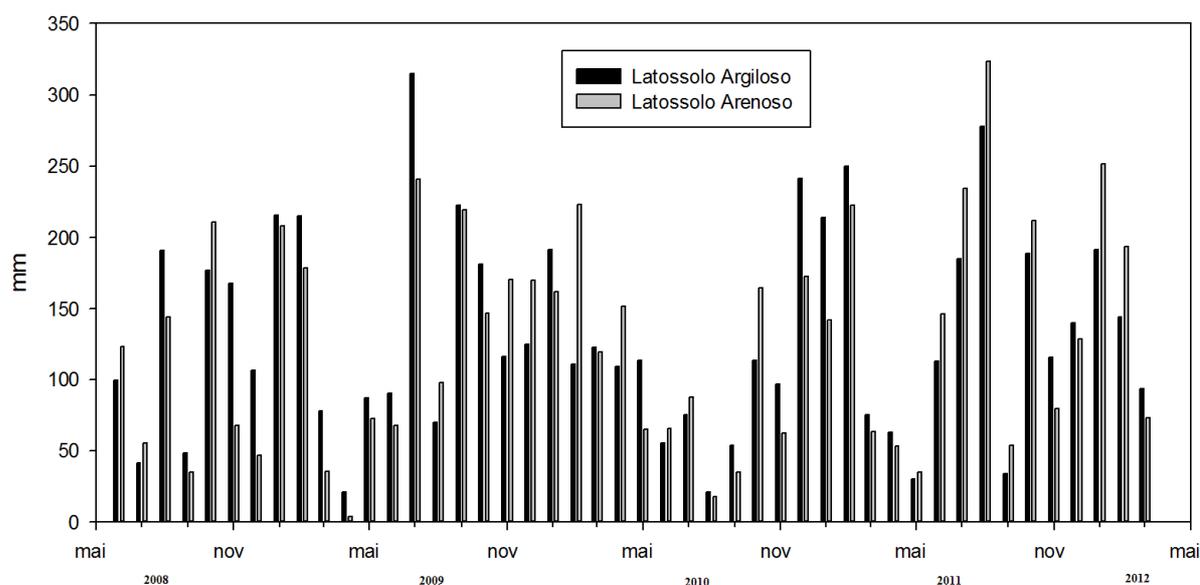


FIGURA 1. Precipitação mensal (mm) ocorrida no período avaliado nas duas unidades experimentais.

TABELA 9. Precipitação anual (mm) ocorrida no período avaliado nas duas unidades experimentais.

Solos	Anos					Total
	2008	2009	2010	2011	2012	
Latossolo Arenoso	683	1612,4	1326,9	1694,4	518,4	5835,1
Latossolo Argiloso	831	1735,2	1302,7	1686	238	5792,9

Para a determinação da perda de solo secou-se a 105°C em estufa uma alíquota representativa de 30 mL da amostra do escoamento superficial. Outra fração de 30mL foi congelada para posterior análise para determinação dos teores de carbono total presente na água, sendo determinado pelo método do refluxo aberto adaptado conforme Boyd & Tucker (1992).

Foram avaliadas as perdas de água, solo e carbono acumuladas em todo período analisado (junho/2008 a abril/2012), bem como as perdas nas diferentes safras, sendo que o período das safras foi definido pelas datas de plantio das culturas de inverno e verão.

As perdas de solo e carbono orgânico total foram calculadas a partir de suas concentrações no escoamento superficial e no volume de água escoado.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas análises de regressão nos dados com relação ao efeito das doses de dejetos líquido bovino sobre as perdas acumuladas de água, solo e carbono orgânico total utilizando o programa SIGMA PLOT 10.0 ®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PERDAS DE ÁGUA

Ambos os solos apresentaram o mesmo comportamento, redução das perdas de água com a aplicação até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de DLB (Figura 2).

O observado no Latossolo argiloso, foi semelhante ao encontrado por Timofiecsyk (2009), considerando o comportamento dos últimos 4 anos semelhante ao dos primeiros anos de instalação do experimento, já para o Latossolo arenoso, Silveira (2009) observou nos primeiros anos de experimento no mesmo solo, a redução nas perdas com a aplicação da dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, além de um volume bem menor de perdas de água.

Apesar de ocorrerem perdas, estas são pequenas se comparadas a precipitação total registrada nas regiões dos experimentos durante o período de avaliação, 5835,1 e 5792,9 mm para o Latossolo arenoso e argiloso, respectivamente. Porém mesmo com pequenas perdas, sob o aspecto ambiental, há o risco de o escoamento superficial estar carregando consigo sedimentos e nutrientes que podem estar se concentrando em corpos d'água superficiais comprometendo sua qualidade.

A redução nas perdas de água com a aplicação de DLB se dá principalmente pelo efeito benéfico do dejetos aplicado, que aumenta o teor de matéria orgânica do solo, melhorando atributos físicos como a capacidade de infiltração de água e permeabilidade, conforme observado por Mellek et al. (2010) na unidade experimental de Ponta Grossa (Latossolo arenoso).

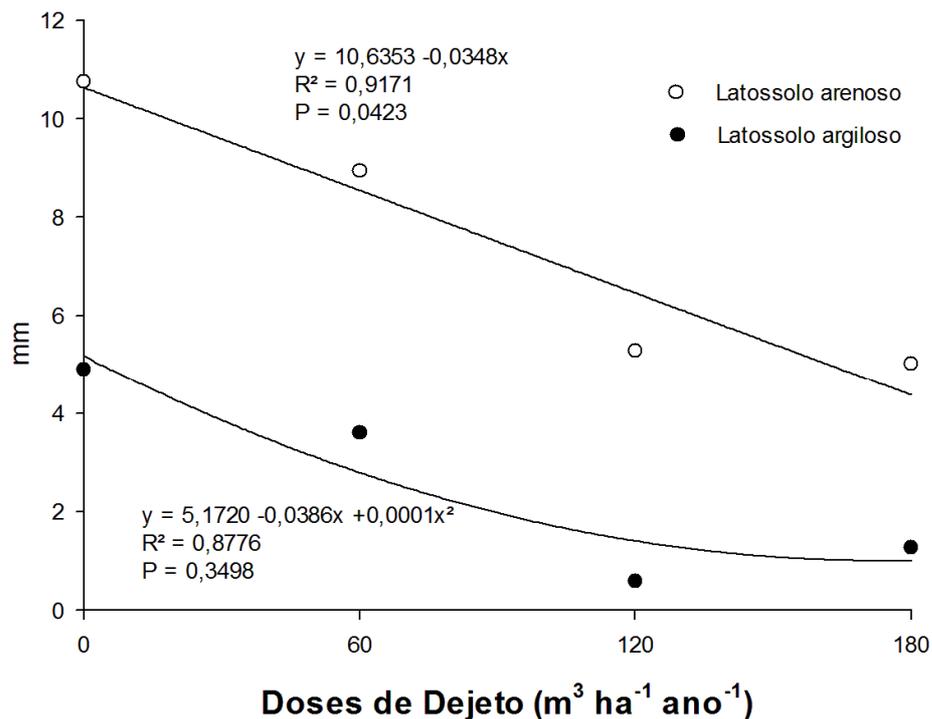


FIGURA 2. Perda acumulada de água via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Observando as perdas de água nas diferentes safras (Figura 3), nota-se que é durante as safras de verão que ocorrem as maiores perdas. Além de apresentar maiores valores, o comportamento geral das perdas também é definido nas safras de verão, visto a semelhança das curvas presentes na Figura 2 e 3A. Isso se dá principalmente porque é no período das safras de verão que ocorrem os maiores volumes de precipitação e também maiores intensidades, o que favorece a ocorrência de escoamento superficial.

Maiores perdas nas safras de verão também foram observadas por Timofiecsyk (2009) e Silveira (2009) nos dois primeiros anos após a instalação dos experimentos. Cogo et al. (2003) também encontraram maiores perdas de água nas safras de verão em Latossolo argiloso.

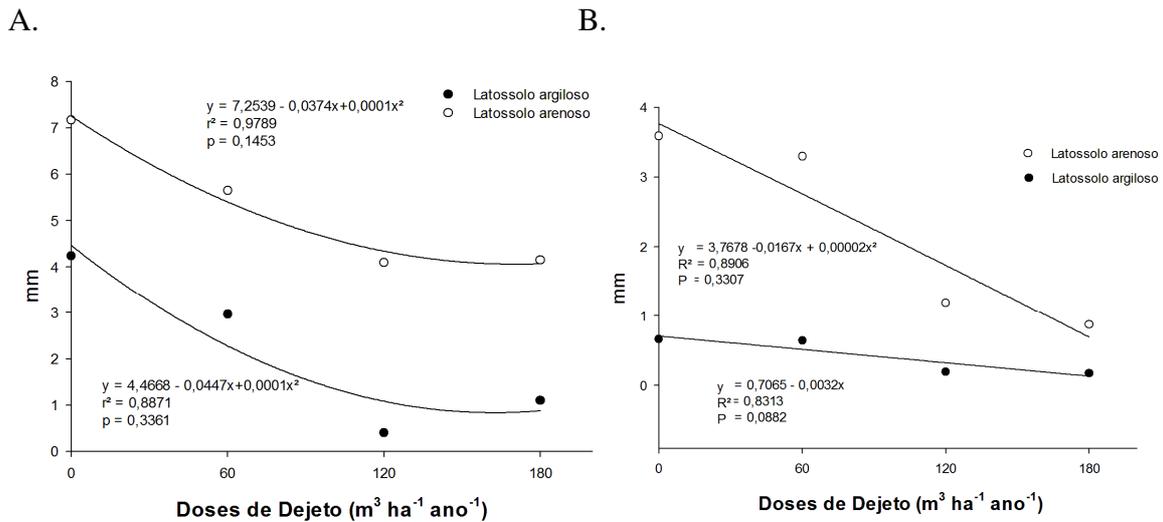


FIGURA 3. Perda acumulada de água via escoamento superficial durante as safras de verão (A) e inverno (B) em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

3.2 PERDAS DE SOLO

As perdas de solo reduziram com a aplicação de $120 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de DLB no Latossolo argiloso (Figura 4) diferente do observado por Timofiecsyk (2009) em avaliação nos primeiros anos de aplicação de DLB na mesma área, onde não houveram diferenças entre os tratamentos. Este resultado indica melhoria em atributos físicos, como a estabilidade de agregados (Jiao et al., 2006), provocados pela aplicação do dejetos a longo prazo.

Já para o Latossolo arenoso a redução ocorre até a dose de $180 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Figura 4), mesmo comportamento apresentado por Silveira (2009) nos primeiros anos de experimento. Porém em valores absolutos observou-se redução das amplitudes, visto que o autor encontrou perdas de 48 kg ha^{-1} na testemunha num período de avaliação de 2 anos e reduções de 61%, 83% e 92% respectivamente com o aumento das doses 60 , 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. No presente trabalho as perdas foram de 72 kg ha^{-1} na ausência de DLB num período de 4 anos seguindo de reduções de 25,7%, 52,8% e 65,8% com o aumento das mesmas doses. Porém cabe salientar que no presente período avaliado as precipitações foram maiores.

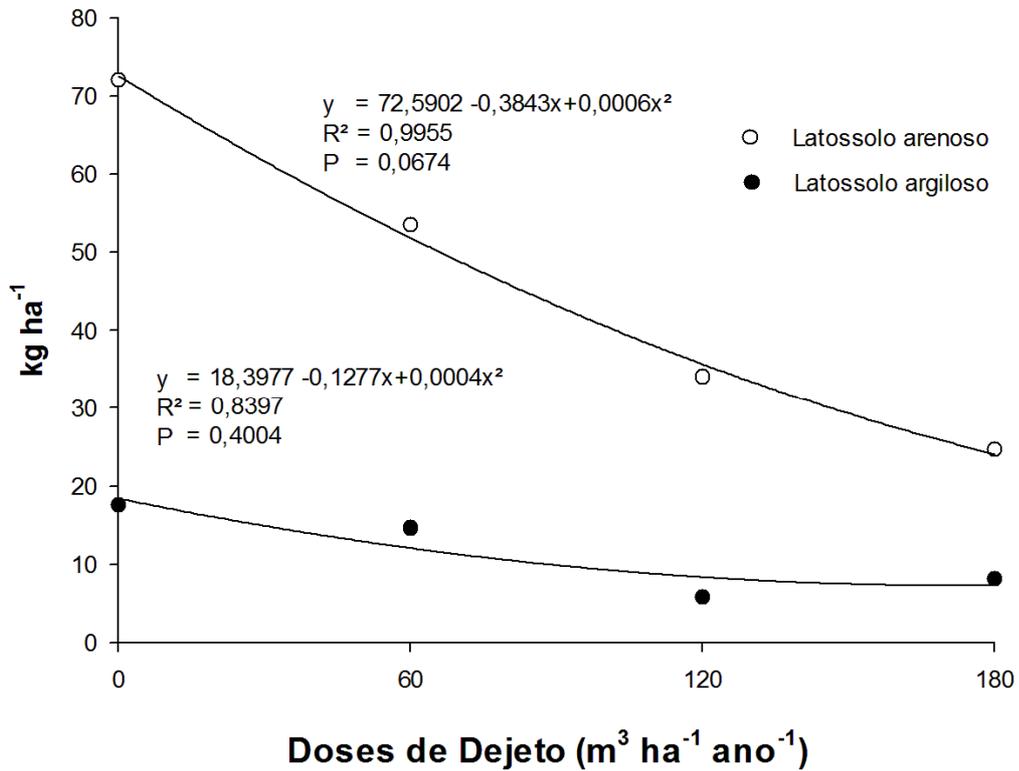
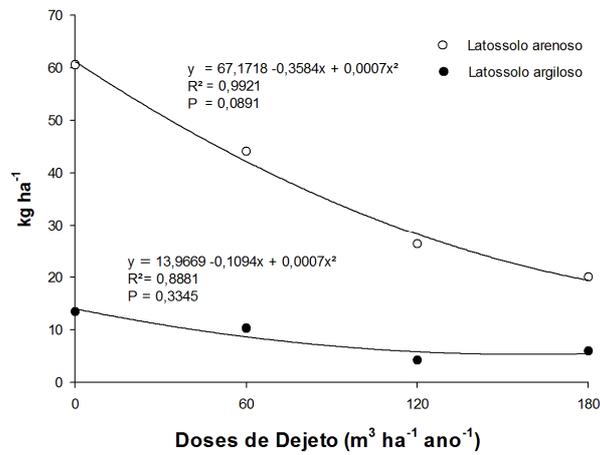


FIGURA 4. Perda acumulada de solo via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Para as perdas nas diferentes safras (Figura 5), observa-se o mesmo comportamento das perdas de água, é nas safras de verão que ocorrem as perdas mais representativas e por consequência determinam o comportamento das curvas nas perdas totais do período avaliado. Outros trabalhos, relacionados principalmente aos sistemas de preparo, também apontam para o maior poder erosivo das chuvas e por consequência maior perdas de solo durante as safras de verão (Schik et al., 2000; Cogo et al., 2003).

A.



B.

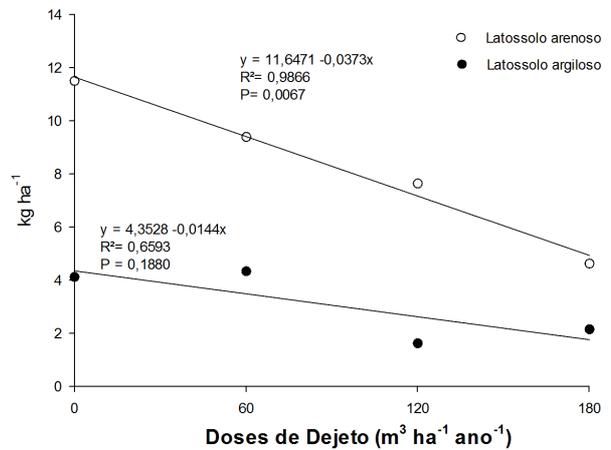


FIGURA 5. Perda acumulada de solo nas safras de verão (A) e inverno (B) via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Quanto às concentrações de sedimento (Figura 6), houve o aumento para o Latossolo argiloso com o aumento da dose aplicada e não houve diferença entre os tratamentos no Latossolo arenoso, estes resultados mostram que as perdas totais de solo são determinadas principalmente em função do volume de água perdido e não das concentrações do sedimento no escoamento.

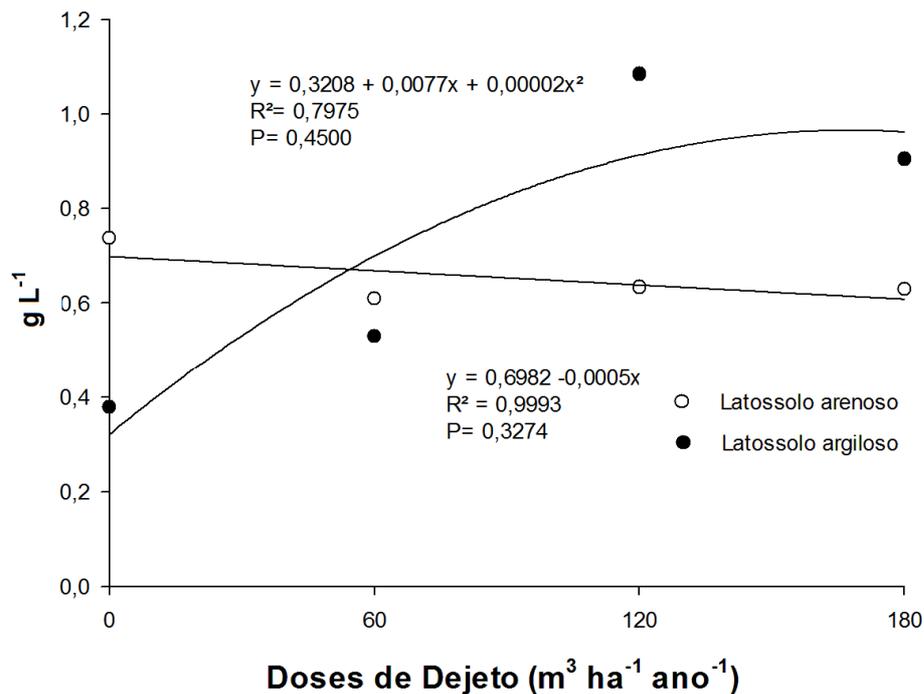


Figura 6. Concentração média ponderada de sedimento na água de escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

3.3 PERDA E CONCENTRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL

As perdas de carbono orgânico total reduziram com a aplicação de dejetos líquido bovino até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ocorrendo um grande aumento na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o Latossolo arenoso (Figura 7). Isso ocorre porque a concentração média ponderada de carbono no escoamento tem uma grande elevação na maior dose (Figura 8), o que pode estar contribuindo para esta elevação é o fato do dejetos ser aplicado em superfície e estar se acumulando sem interagir com as partículas minerais do solo, e portanto, sujeito a ser carregado pelo escoamento superficial.

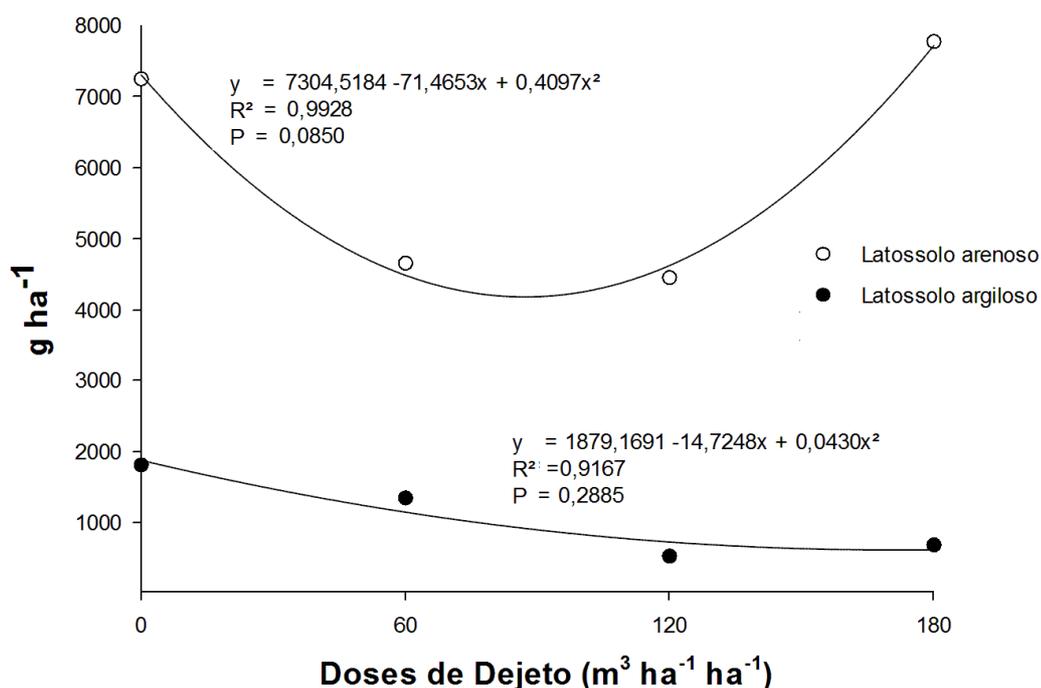


FIGURA 7. Perda acumulada de carbono orgânico total via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Já para o Latossolo argiloso o comportamento das perdas de carbono é semelhante ao comportamento das perdas de solo (redução até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), visto que as reduções nas perdas de água (Figura 2) compensam o pequeno aumento na concentração de carbono orgânico no escoamento superficial (Figura 8).

Mesmo com reduções, as perdas de carbono orgânico representam riscos da qualidade das águas superficiais, pois irão interferir na comunidade de organismos aquáticos, na concentração de oxigênio dissolvido e na concentração de nutrientes (Hooda et al., 2000; Eghball et al., 2002), além da formação compostos tóxicos caso essa água venha a ser tratada com cloro (Meyer, 1994; Kay, 2009).

Portanto medidas que impeçam a chegada do escoamento superficial em corpos d'água devem ser tomadas, visto que as concentrações de carbono orgânico total aumentam com o aumento das doses aplicadas (Figura 8).

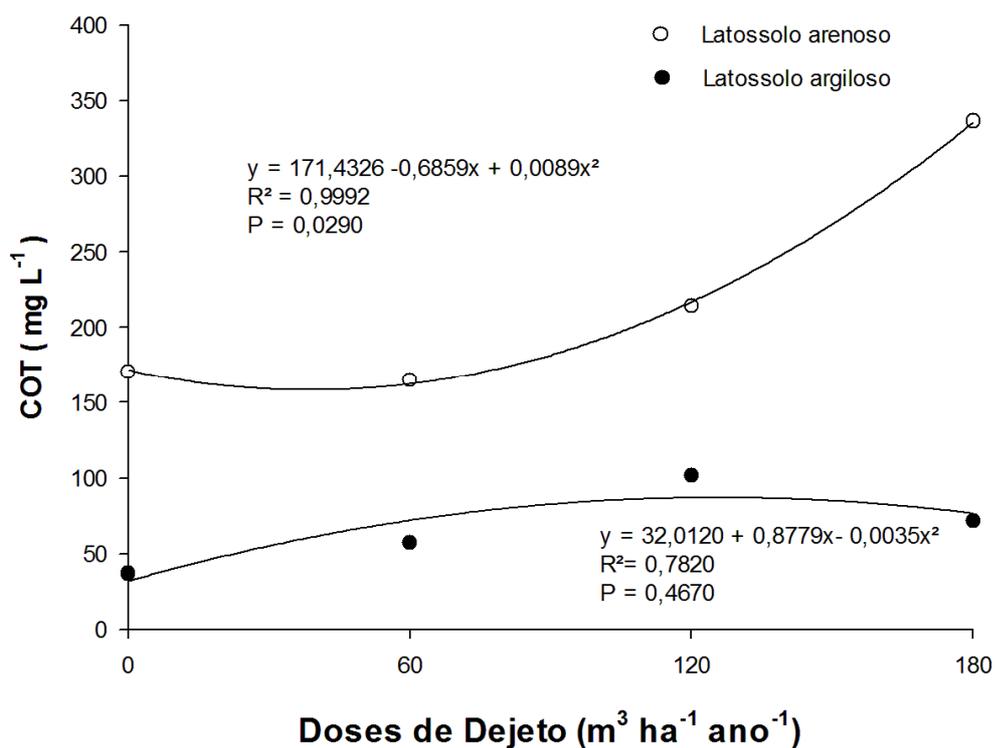


FIGURA 8. Concentração média ponderada de carbono orgânico total (COT) na água de escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejeito líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Com relação as perdas nas diferentes safras (Figura 9) observamos maiores perdas nas safras de verão em decorrência das maiores perdas de água. Isto já foi observado por Timofiecsyk (2009) e Silveira (2009), para os Latossolos argiloso e arenoso respectivamente.

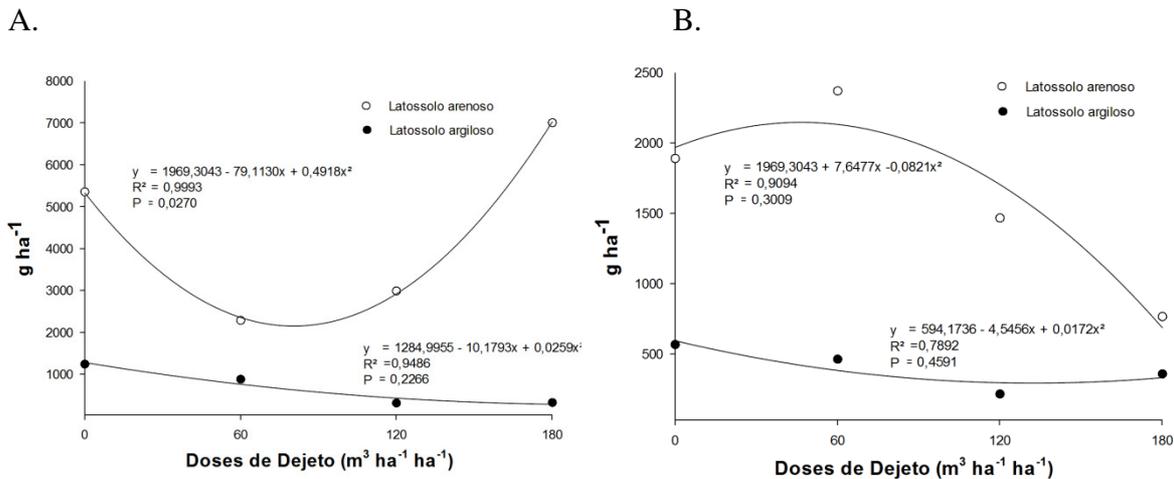


FIGURA 9. Perda acumulada de carbono orgânico nas safras de verão (A) e inverno (B) via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

4. CONCLUSÕES

1. A aplicação de DLB a longo prazo (seis anos) reduziu as perdas de água, solo e carbono orgânico total até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em ambos os solos, sendo esta a dose máxima recomendada para a aplicação na agricultura nesta condição de estudo.

2. A aplicação de doses crescentes de DLB aumentou a concentração de carbono orgânico total no escoamento, gerando riscos de contaminação das águas superficiais e comprometimento de sua qualidade.

3. As perdas nas safras de verão foram as principais contribuintes para as perdas totais de água, solo e carbono orgânico total.

5. LITERATURA CITADA

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & PAVINATO, A. Armazenamento em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. Pesquisa agropecuária brasileira, 39:677-683, 2004.

BENBI, D. K.; BISWAS, C. R.; BAWA, S.S. & KUMAR, K. Influence of farmyard manure, inorganic fertilizers and weed control practices on some soil physical properties in a long-term experiment. Soil Use and Management, 14:52-54, 1998.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I. & ROLOFF G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 31:781-792, 2007.

BHATTACHARYYA, R.; CHANDRA, S; SINGH, R.D.; KUNDU, S.; SRIVASTVA, A. K. & GUPTA, H. S. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat–soybean rotation. *Soil & Tillage Research*, 94:386-396, 2007.

BOYD, C.; TUCKER, C. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama: Auburn University, 1992.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio direto, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 22:527-538, 1998.

COGO, N. P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27:743-753, 2003.

EGHBALL, B.; WIENHOLD, B. J.; GILLEY, J. E.; EIGENGERG, R. A. Mineralization of manure nutrients. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57:470-473, 2002.

EMBRAPA – Fundação ABC. Mapa do levantamento semidetalhado de solos: Município de Castro. Elaborado por FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; BOGNOLA, I. A. & POTER, R.O. EMBRAPA – Fundação ABC, 2001.

GILLEY, J. E. & RISSE L. M. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. *American Society of Agricultural Engineers*, 43:1583-1588, 2000

HAO, X.; CHANG, C.; TRAVIS, G. R. & ZHANG F. Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 166:239-245, 2003.

HOODA, P.S.; EDWARDS, A.C.; ANDERSON, H.A. & MILLER, A. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science Total Environment*, 250:143-147, 2000.

JIAO, Y.; WHALEN, J. K. & HENDERSHOT, W. H. No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. *Geoderma*, 134:24-33, 2006.

KAY, P.; EDWARDS, A.C. & FOULGER, M. A review of the efficacy of contemporary agricultural stewardship measures for ameliorating water pollution problems of key concern to the UK water industry. *Agric. Syst.*, 99:67-75, 2009.

KOEHLER, J. C. Caracterização da bovinocultura de leite no estado do Paraná. Curitiba: SEAB/DERAL, 2000.

MANDO, A.; OUATARRA, B.; SÉDOGO, M.; STROOSNIJDER, L.; OUATARRA, K.; BRUSSAARD, L. & VANLAUWE, B. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fraction and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. *Soil & Tillage Research*, 80:95-101, 2005.

MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULLETTI V.; VEZZANI, F. M. & SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and Carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 110:69-76, 2010.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Caderno Saúde Pública*, 10:99-110, 1994.

MORI, H. F. Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejetos líquidos bovinos e chuva simulada. Curitiba. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2008. 95p. (Dissertação de Mestrado).

SCHIK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico aluminoso submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 24:427-436, 2000.

SIGMA PLOT. Scientific Graphing Software: versão 10.0. San Rafael, Hearne Scientific Software, 2006.

SILVEIRA, F. M. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquido bovino em Latossolo franco argilo arenoso sob plantio direto e chuva natural. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 95p. (Dissertação de Mestrado).

SMITH, D. R.; OWENS, P. R.; LEYTEM, A.B. & WARNEMUENDE, E. A. Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event. *Environmental Pollution*, 147:131-137, 2007.

SOMMERFELDT, T.G.; CHANG, C. & ENTZ, T. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Science Society American Journal*, 52:1668-1672, 1988.

TIMOFIECSZYK, A. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquido bovino sob plantio direto e chuva natural em Latossolo Bruno. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 72p. (Dissertação de Mestrado).

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal Soil Science*, 33:141-163, 1982.

CAPÍTULO 2 – APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO BOVINO A LONGO PRAZO EM PLANTIO DIRETO: PERDAS DE NUTRIENTES SOLÚVEIS VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RESUMO

Aplicados sucessivamente em uma mesma área os dejetos orgânicos podem se tornar poluidores comprometendo a qualidade as águas superficiais. O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de P e N nas formas solúveis via escoamento superficial em sistema de plantio direto sob chuva natural e aplicação de dejetos líquidos bovinos (DLB) a longo prazo (seis anos) em dois Latossolos, sendo um de textura arenosa e outro argilosa. Os experimentos foram conduzidos em duas estações experimentais da Fundação ABC-PR, nos municípios de Ponta Grossa (Latossolo arenoso) e Castro (Latossolo argiloso), instalados em novembro de 2005 e maio de 2006 respectivamente. Os tratamentos, distribuídos em quatro blocos ao acaso, foram constituídos por quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 90, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicadas metade na safra de inverno e metade na safra de verão, em parcelas de 29,75 m² delimitadas por chapas de zinco. O escoamento foi coletado após cada chuva sendo uma amostra representativa analisada para determinação de P-solúvel, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ após filtração com filtros de 0,45µm. A perda total de nutrientes no período avaliado (junho/2008 a abril/2012) foi calculada a partir da concentração do nutriente e da perda de água. As perdas de P-solúvel não se diferenciaram entre os tratamentos em ambos os solos, apesar de ocorrer o aumento da concentração do nutriente no escoamento à medida que se aumenta a dose aplicada. Para N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ a aplicação de DLB promoveu a diminuição das perdas até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ no Latossolo argiloso. Já para o Latossolo arenoso as perdas de N-NO₃⁻ aumentaram com o aumento da dose de DLB e para N-NH₄⁺ houve redução até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Mediante os resultados pode-se recomendar a aplicação de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLM como dose máxima em ambos os solos, porém deve-se monitorar as perdas de nitrato via superfície e subsuperfície principalmente no Latossolo arenoso.

Palavras-chave: qualidade da água, dejetos, escoamento superficial, nitrogênio, fósforo.

CHAPTER 2 – LONG TERM APPLICATION OF DAIRY LIQUID MANURE IN NO-TILL: LOSSES OF SOLUBLE NUTRIENTS BY RUNOFF

ABSTRACT

The frequent and successive applications of manure in the same area may represent risks of surface water quality impairment. The aim of this study was to quantify the losses of P and N in soluble forms via runoff in a no-tillage system under natural rainfall and dairy liquid manure applications in a long period of time (six years) into two Oxisols: sandy and clayey soils. The experiments were conducted in two experimental stations in the cities of Ponta Grossa (sandy Oxisol) and Castro (clayey Oxisol), installed on November, 05th and on June, 06th, respectively. The treatments were distributed into four plots and consisted of four doses of dairy liquid manure - DLM (0, 60, 90, 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹). The manure was applied in the winter and summer crop in 29.75 m² plot bounded by metal strip. The runoff was collected after each rainfall and it was analysed for P, N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ after filtering (0.45 micrometers). The total loss of nutrients during the studied period (from June, 2008 to April, 2012) was calculated according to the concentration of the nutrients and water losses. The losses of soluble P did not differ among treatments in both soils despite increasing the concentration with DLM application. For N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ losses, application of DLM promoted the reduction up to 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ in the clayey Oxisol. The sandy soil, losses of N-NO₃⁻ increased with increasing dose of DLM; N-NH₄⁺ was reduced up to 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹. According to the results, 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹ can be recommended as maximum dose of DLM in both soils, but surface and subsurface losses of N-NO₃⁻ should be monitored mainly in sandy Oxisol.

Keywords: water quality, waste, runoff, nitrogen, phosphorus.

1.INTRODUÇÃO

Como alternativa para a destinação dos resíduos gerados pela produção animal, tem-se a integração com a produção agrícola, de maneira que os dejetos sejam aplicados ao solo com a finalidade de adubar a área de plantio, prática comum e economicamente viável em pólos produtores de atividades pecuárias que geram grande volume dos mesmos.

Na região dos Campos Gerais no Paraná, temos importantes pólos de produção leiteira com é o caso das cidades de Castro e Ponta Grossa, onde os animais, mantidos sob semi-

confinamento, geram grande acúmulo de resíduos denominados dejetos líquido bovino (DLB), e a destinação mais comum dos mesmos é a aplicação em áreas de cultivo de grãos sem a incorporação no solo.

Frequentes aplicações de dejetos ao solo podem representar riscos de redução da qualidade das águas superficiais (Whalen & Chang, 2001; Wortmann & Walters, 2006), pois nutrientes acumulados no solo ou do próprio dejetos podem ser carregados com o escoamento superficial, acumulando-se em corpos receptores

Dentre os nutrientes que podem estar sendo carregados destacam-se o P e N, os quais aceleram o processo de eutrofização das águas, principalmente em suas formas solúveis (Sharpley et al., 1987; Daniel et al., 1998;). Além da forma solúvel o P pode ser carregado pelo escoamento superficial junto com partículas de solo podendo ser liberado aos poucos nos corpos de água. O fósforo é ainda considerado o nutriente limitante no processo de eutrofização, uma vez que o nitrogênio pode ser incorporado à água por meio de trocas gasosas ou fixado por plantas aquáticas (Sharpley et al., 2003).

O nitrogênio, além de contribuir para o processo de eutrofização, apresenta problemas relacionados à saúde humana e comprometimento da vida aquática. Os riscos a saúde humana ocorrem quando o mesmo está em altas concentrações sob a forma de nitrato, pois causa ametahemoglobinemia (McCasland et al., 1985). O Nitrogênio sob a forma de nitrato irá influenciar as concentrações de amônia, pois estão em equilíbrio químico regulados pelo pH. A amônia é tóxica para a maior parte dos organismos aquáticos principalmente os peixes, pois possui características lipofílicas difundindo-se facilmente pelas membranas respiratórias (Damato & Barbieri, 2011).

Estudos de curto prazo com chuva simulada logo após a aplicação de dejetos revelaram aumento das perdas de nutrientes solúveis (Bertol et al., 2007; Smith et al., 2007; Mori et al., 2009), por outro lado, sob chuva natural e uma avaliação dos dois primeiros anos de instalação dos experimentos apresentados no presente trabalho, Silveira (2009) e Timofiecsyz (2009) encontraram redução nas perdas de nutrientes (N e P).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação a longo prazo (6 anos) de diferentes doses de DLB (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) sobre as perdas de nutrientes solúveis (P, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻) via escoamento superficial em sistemas de plantio direto com rotação de cultura sob chuva natural em dois tipos de solos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As informações sobre a caracterização das áreas, as características físicas e químicas dos solos, bem como sobre os tratamentos e sua composição encontram-se descritos no Capítulo 1 desta dissertação.

2.1 COLETA E ANÁLISE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES SOLÚVEIS

No momento da coleta de água descrita no capítulo 1, após a determinação do volume escoado em cada parcela, uma alíquota foi separada e armazenada em garrafas plásticas livres de qualquer contaminação. As amostras foram então encaminhadas para congelamento e posteriormente para o Laboratório de Física do Solo da UFPR. Antes da realização das análises as amostras eram descongeladas e filtradas com filtro de membrana de éster de celulose com 0,45 micrômetros.

Para a determinação de P-solúvel foi utilizada a metodologia do ácido ascórbico descrita por Apha (1995), na qual as amostras adquirem uma cor de tom azulado que pode ser medida por colorimetria em espectrofotômetro de absorção ultravioleta no comprimento de onda de 880nm.

N-Amônio foi determinado pelo método do fenato conforme Apha (1995), neste método as amostras também adquirem coloração que permite a leitura por colorimetria através de espectrofotometria de absorção ultravioleta em comprimento de onda de 640nm.

Para N-nitrato foi utilizado o método de espectrometria com adição de zinco metálico (Heizmann et al., 1984), no qual são preparadas duas soluções da amostra a ser analisada, sendo que em uma das soluções é adicionado zinco metálico para complexar o nitrato, após a leitura das duas soluções em espectrofotômetro com comprimento de onda de 210nm, através da subtração da absorbância da solução sem zinco pela com zinco pode-se excluir as interferências.

2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas análises de regressão nos dados com relação ao efeito das doses de dejetos líquido bovino sobre as perdas e concentração média ponderada de P-solúvel, N-Amônio e N-Nitrato utilizando o programa SIGMA PLOT 10.0 ®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PERDA E CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO SOLÚVEL

As perdas de P-solúvel em ambos os solos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 10). Apesar de ocorrer redução nas perdas de água (Figura 2) ocorre o aumento da concentração média do elemento no escoamento superficial à medida que aumenta a dose aplicada (Figura 12). O aumento das concentrações pode ser atribuído ao acúmulo do elemento em superfície, uma vez que o dejetado não é incorporado, bem como pela baixa mobilidade do elemento no solo, estando assim sujeito a ser carregado pelo escoamento superficial. O aumento da concentração de P em superfície já foi observado por Whalen & Chang (2001), Parham et al. (2002) e Wortmann & Walters (2006).

A data de ocorrência das chuvas após a aplicação do dejetado também é um fator determinante nas concentrações e perdas do elemento no escoamento superficial (Bertol et al., 2007; Smith et al., 2007; Gilley et al., 2007; Mori et al., 2009). Maiores são as concentrações e as perdas em eventos de precipitação próximos da data de aplicação.

Considerando as safras avaliadas, a primeira chuva com formação de escoamento superficial após cada aplicação ocorreu 42, 14, 3, 5, 139, 15, 11 e 12 dias no Latossolo arenoso e 4, 5, 16, 65, 79, 4 e 70 dias no Latossolo argiloso, sendo que no intervalo entre a última e a penúltima aplicação, neste solo, não houve ocorrência de escoamento.

Analisando cada evento quanto ao volume de água perdido em cada tratamento e a concentração média do nutriente no escoamento (dados não apresentados), não foi possível concordar com os autores citados no parágrafo anterior. Levando a considerar que sob chuva natural, outros fatores influenciam as perdas e concentrações do nutriente no escoamento, tais como intensidade/erosividade da chuva, cultura implantada, estágio da cultura e condição de umidade do solo antes do evento em que ocorre o escoamento.

Para os resultados de perdas totais encontrados no presente trabalho, os mesmos diferem dos encontrados nos primeiros anos de instalação dos experimentos. Silveira (2009) e Timofiecsyz (2009) encontraram redução das perdas de P-solúvel.

Do total de fósforo aplicado em todos os tratamentos, tanto sob a forma de adubação mineral como pela forma de DLB no período avaliado (junho/2008 a abril/2012), foram perdidas no Latossolo arenoso sob a forma de P-solúvel as seguintes frações 0,059%, 0,026%, 0,010% e 0,011% nas doses 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ respectivamente, já para o Latossolo argiloso as frações foram 0,060%, 0,015%, 0,0064% e 0,0054% nas doses 0, 60,

120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ respectivamente. Valores que em termos agronômicos são muito pequenos, porém devemos considerar que nas formas totais estes valores devem aumentar, principalmente nos tratamentos com aplicação de DLB, devido a maior presença de matéria orgânica.

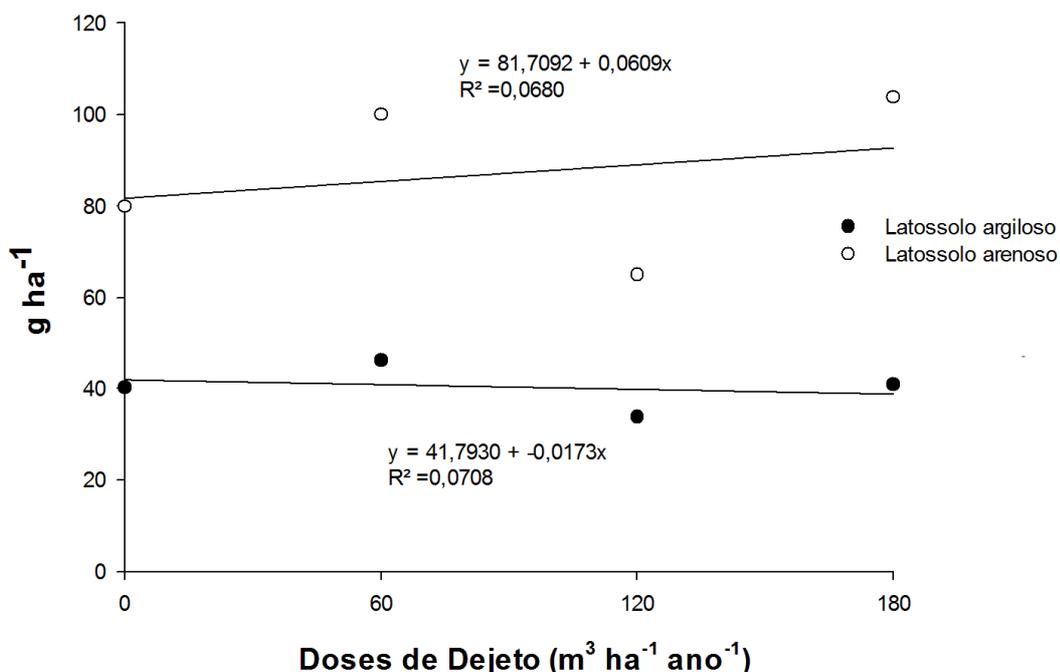


FIGURA 10. Perdas acumuladas de P-solúvel via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Para as perdas nas diferentes safras (Figura 11) o comportamento apresentado pelo Latossolo argiloso é o mesmo nas safras de verão e inverno, sem diferenças significativas nas perdas com a aplicação de diferentes doses. No Latossolo arenoso ocorreram comportamentos distintos entre as doses nas diferentes safras (Figura 11), porém nas perdas totais, não possuem diferença significativa entre os tratamentos.

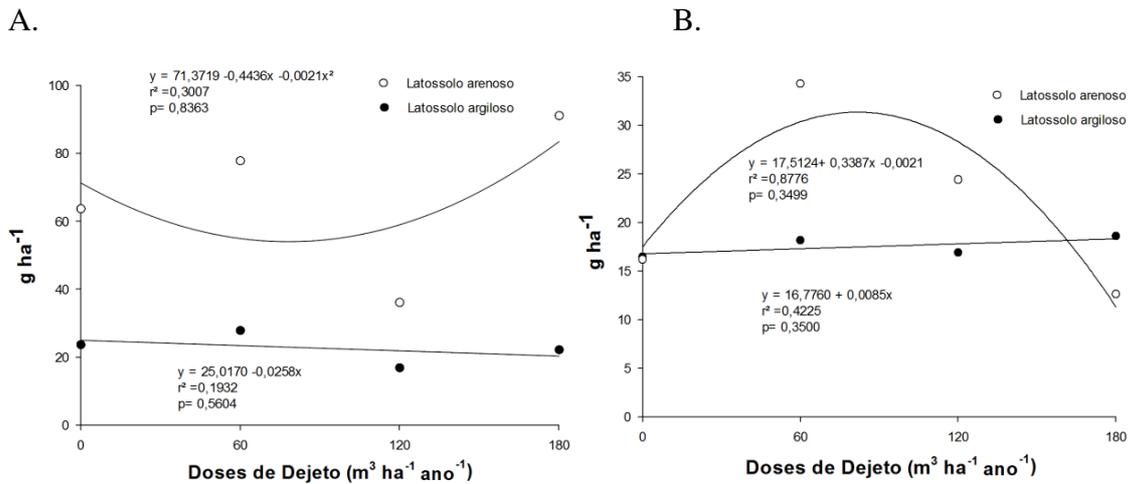


FIGURA 11. Perda acumulada de P-solúvel nas safras de verão (A) e inverno (B) via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejeito líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Um aspecto que deve ser dada importância, é o fato das concentrações do elemento estarem muito acima do que a legislação brasileira de qualidade das águas permite, mesmo na ausência de aplicação de DLB, apesar de não existir nenhuma lei específica para efluentes provenientes de áreas de lavoura, a resolução do CONAMA 357 de 2005 estabelece limites de concentração P-total, em águas doces de classe 1, de $0,02\ mg\ L^{-1}$ e $0,1\ mg\ L^{-1}$ para ambientes lênticos e lóticos respectivamente (BRASIL, 2005) e os menores valores encontrados neste trabalho estão próximos de $1\ mg\ L^{-1}$ (Figura 12).

Cabe ressaltar que as concentrações médias determinadas neste trabalho foram para P-solúvel, ou seja, uma fração do P-total, portanto as concentrações de P-total podem ser bem maiores, se levarmos em consideração o fósforo presente nos sedimentos, tanto em partículas minerais da fração argila como na matéria orgânica presente no escoamento superficial.

Nesse sentido medidas de conservação para evitar que o escoamento chegue a atingir corpos d'água devem ser empregadas, como é o caso do terraceamento, bem como um planejamento estratégico na adubação, no sentido evitar excessos no solo e por consequência no escoamento superficial.

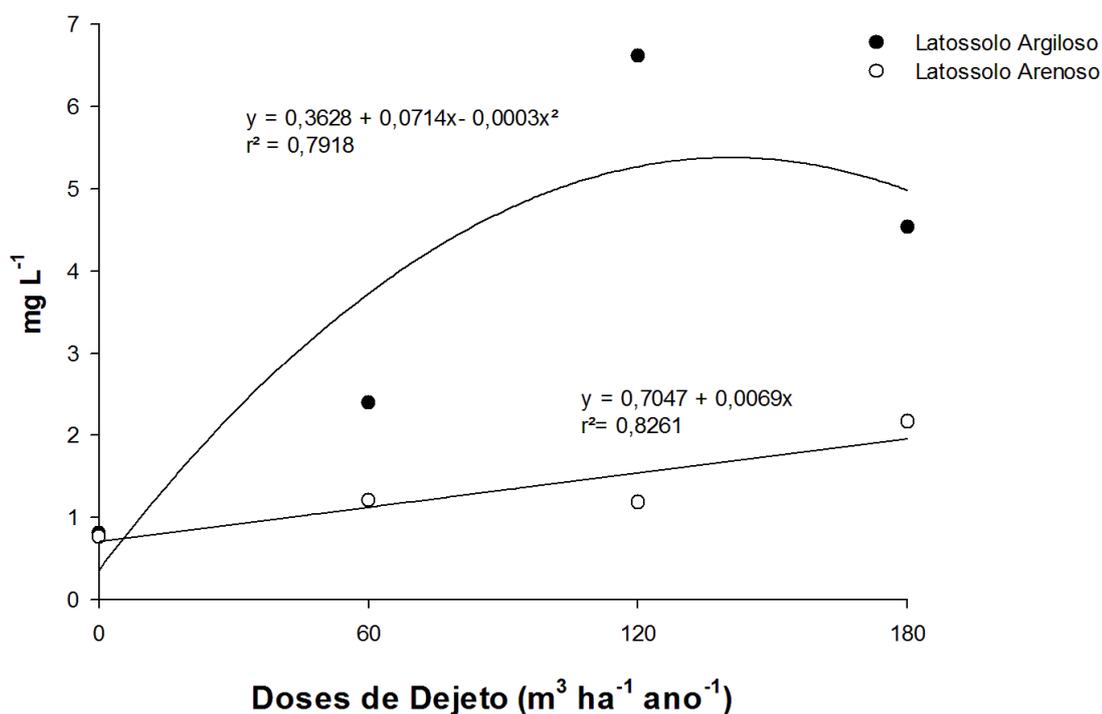


FIGURA 12. Concentração média ponderada de P-solúvel no escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejeito líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

3.2 PERDA E CONCENTRAÇÃO DE N-NH₄⁺

Para as perdas de N-NH₄⁺ o Latossolo arenoso apresentou redução das perdas até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, e uma forte elevação das perdas na maior dose (180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), este resultado é diferente do observado por Silveira et al. (2011) no mesmo solo nos primeiros anos de experimento, onde ocorria redução até maior dose aplicada, a diferença também ocorreu para as concentrações médias ponderadas, no período avaliado neste trabalho houve redução da concentração do nutriente no escoamento (Figura 13), indicando o efeito benéfico da aplicação de DLB a longo prazo.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos no Latossolo argiloso, porém as quantidades perdidas são bem menores do que nos primeiros anos de experimento, menos de 150 g ha⁻¹ nas maiores perdas (dose de 60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em 4 anos de experimento, enquanto que Timofiecsyk (2009) observou perdas entre 60 a 200 g ha⁻¹ em 2 anos de experimento.

Apesar de estarem ocorrendo perdas, estas são pequenas do ponto de vista agrônomo, porém podem ser preocupantes do ponto de vista ambiental, pois comprometem a qualidade das águas superficiais. Com relação à concentração do nutriente no escoamento

(Figura 14), apesar de aumentar com o aumento da dose aplicada, o período avaliado neste trabalho apresentou reduções nas concentrações se comparado aos primeiros anos de instalação do experimento. Porém as concentrações continuam com limites acima do permitido na legislação, sendo o limite de N-amônio é de 3,7 mg L⁻¹ em pH 7,5 segundo resolução do CONAMA 357 de 2005 (Brasil, 2005).

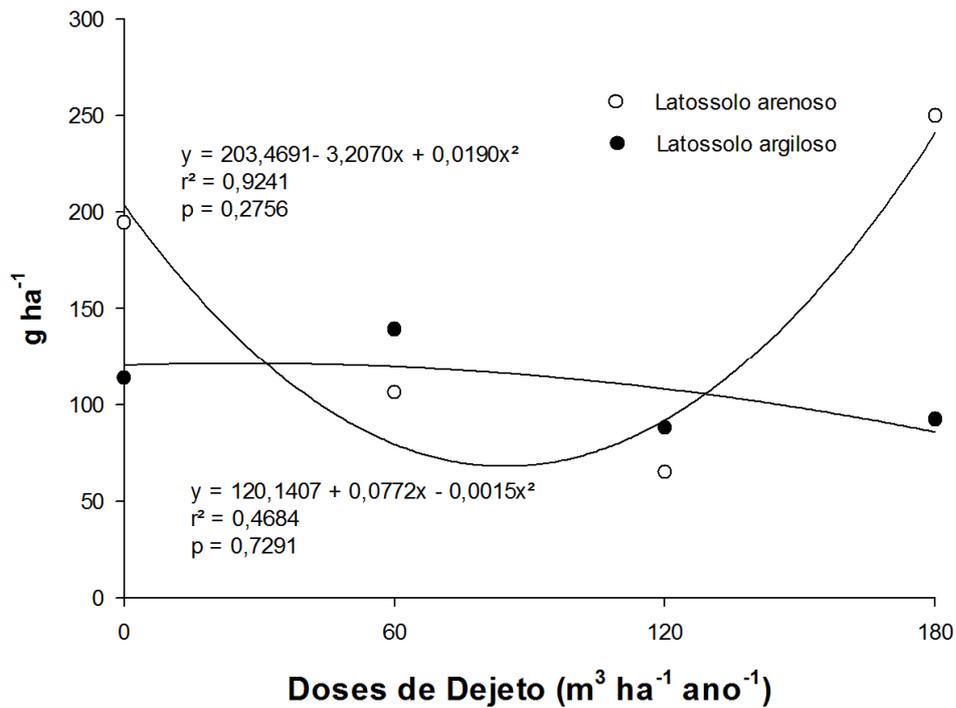


FIGURA 13. Perdas totais de N-NH₄⁺ via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

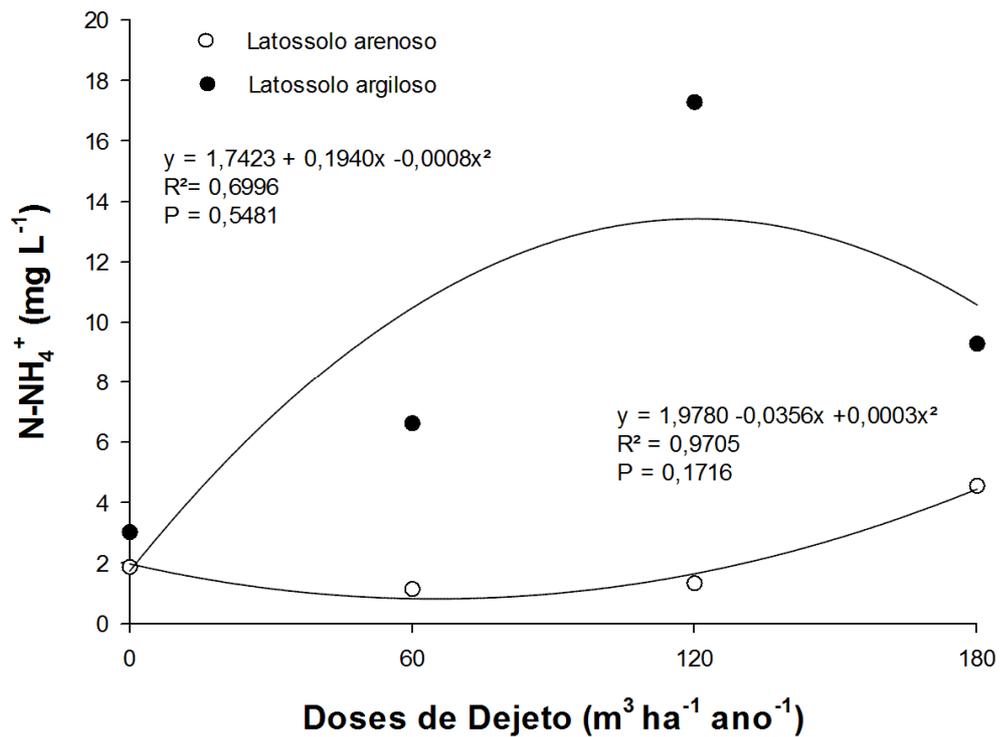


FIGURA 14. Concentração média ponderada de $N-NH_4^+$ no escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejeto líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 à abril de 2012.

Para a avaliação nas diferentes safras (Figura 15), temos maiores perdas no verão seguindo o comportamento das perdas de água devido ao maior número de precipitações, bem como a maiores volumes. Sendo a dose de $120 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ a que proporcionou menores perdas no verão em ambos os solos, indicando ser a dose máxima recomendada para estes solos, visto que as safras de verão são as mais representativas nas perdas totais.

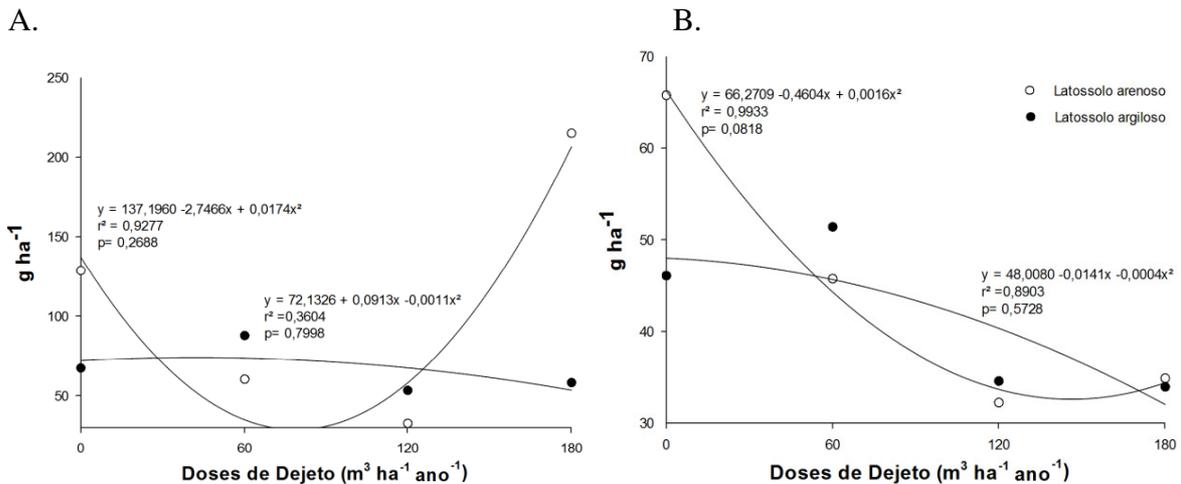


FIGURA 15. Perda acumulada de $N-NH_4^+$ nas safras de verão (A) e inverno (B) via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

3.3 PERDA E CONCENTRAÇÃO DE $N-NO_3^-$

Para as perdas de NO_3^- (Figura 16), observa-se uma redução até a dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Latossolo de textura argilosa, indicando novamente o benefício da aplicação de DLB, em decorrência de melhorias nos atributos físicos do solo que permitem uma maior infiltração de água. Em relação à concentração média ponderada do elemento no escoamento, esta ocorrendo o aumento à medida que aumenta a dose aplicada, concordando com os resultados obtidos nos primeiros anos de instalação do experimento (Timofiecsyk et al., 2012).

Já para o Latossolo de textura arenosa as maiores perdas ocorrem na aplicação da maior dose ($180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), comportando-se de forma linear com o aumento das doses aplicadas, diferente do observado por Silveira et al. (2011) nos dois primeiros anos de aplicação, onde as perdas reduziam com a aplicação da maior dose. As concentrações médias ponderadas também se comportaram de forma diferente, nos primeiros anos de experimento não havia diferenças entre as doses, porém no período avaliado neste trabalho ocorre o aumento da concentração com o aumento da dose aplicada (Figura 17).

Apesar de aumentarem as concentrações (Figura 17) em ambos os solos, estas estão abaixo do limite estabelecido pela legislação (10 mg L^{-1}) segundo a resolução do CONAMA 357 de 2005 (Brasil, 2005), porém isto não significa que não se deve dar atenção às perdas deste nutriente, se as águas do escoamento superficial atingirem corpos de água em ambientes lânticos, pode ocorrer acúmulo do nutriente e este vir a atingir concentrações críticas. Ainda

há o fato de o nitrato ser altamente móvel no solo, podendo ser perdido por lixiviação, contaminando águas subterrâneas, principalmente em solos com alta permeabilidade como é o caso do Latossolo arenoso do presente trabalho.

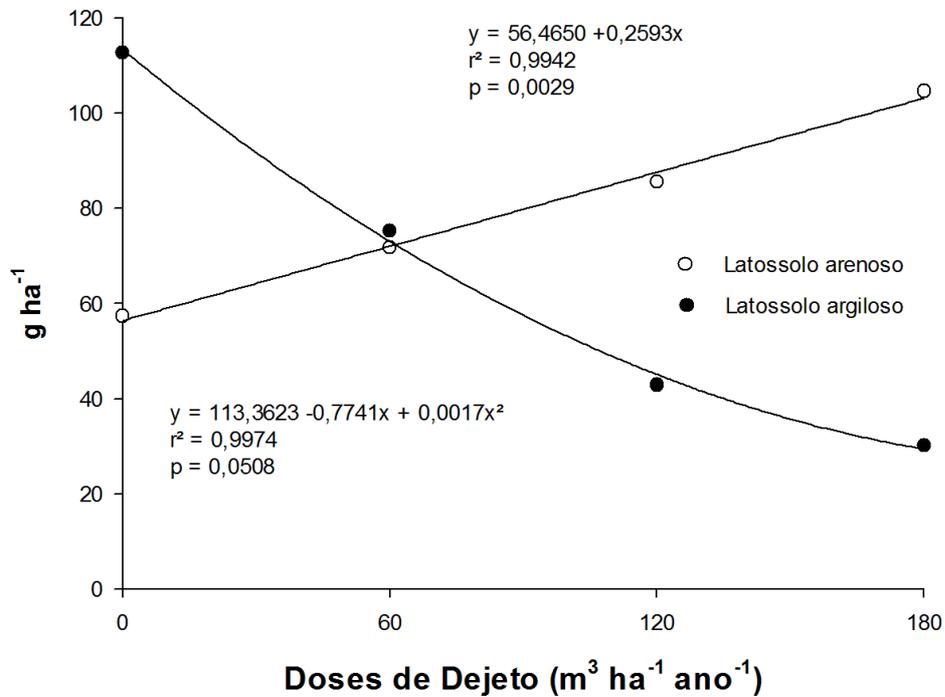


FIGURA 16. Perdas totais de $N-NO_3^-$ via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

Comparando os valores das perdas das duas formas solúveis de nitrogênio (figuras 12 e 14), N-amônio apresenta maiores perdas em praticamente todos os tratamentos em ambos os solos, exceto no tratamento $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ do Latossolo arenoso, onde ocorre uma inversão perdendo-se então mais N-nitrato. Isso indica estar ocorrendo uma maior oxidação do íon NH_4^+ neste tratamento, visto que é esta a forma de nitrogênio predominante nos dejetos (Hooda et al., 2000).

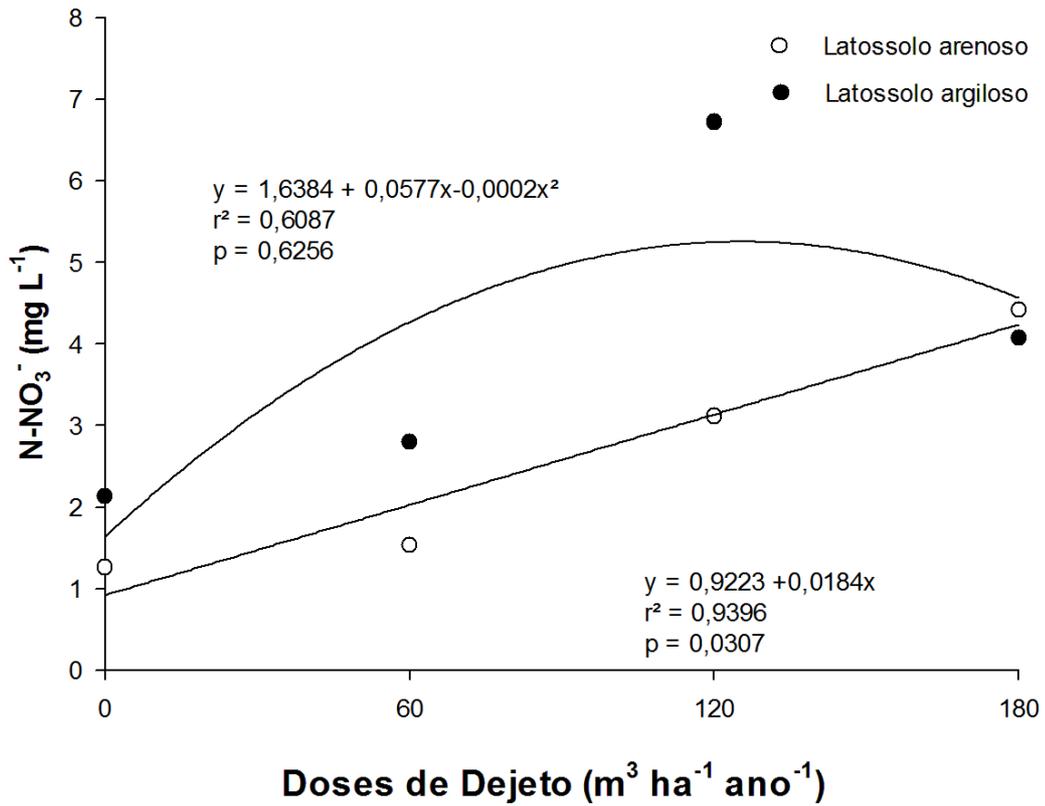


FIGURA 17. Concentração média ponderada de $N-NO_3^-$ no escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejeto líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 à abril de 2012.

Em relação às perdas nas diferentes safras (Figura 18) ocorreu o mesmo comportamento observado anteriormente com P-solúvel e N-amônio, as safras de verão são as responsáveis pelas maiores perdas e também pelo comportamento do solo nas perdas totais.

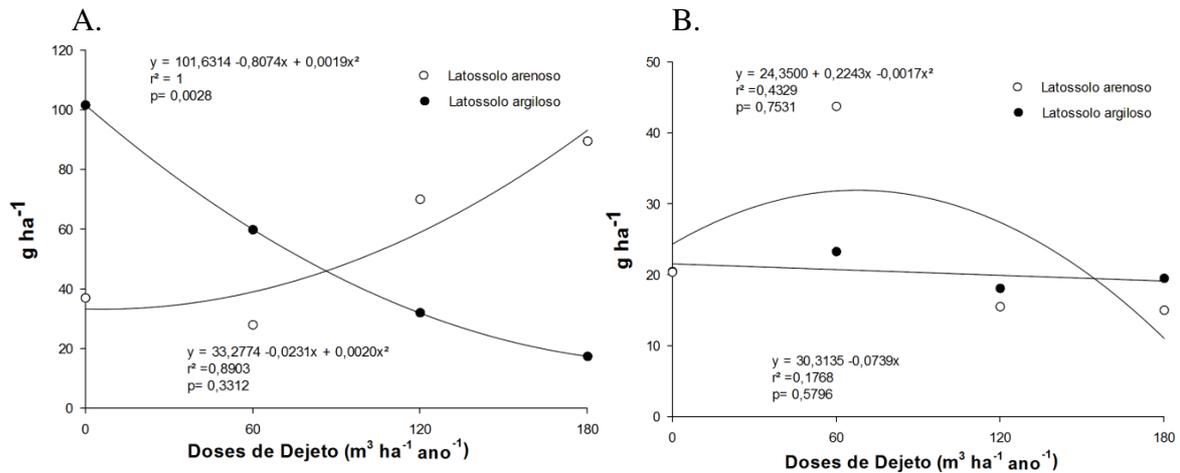


FIGURA 18. Perda acumulada de N-nitrato nas safras de verão e inverno via escoamento superficial em Latossolos de diferentes texturas, sob aplicação diferentes doses de dejetos líquido bovino e chuva natural no período de junho de 2008 a abril de 2012.

4. CONCLUSÕES

1. A aplicação de DLB a longo prazo (seis anos) em sistema de plantio direto não alterou as perdas de P-solúvel e $N-NH_4^+$ para o Latossolo argiloso, porém reduziu as perdas de $N-NO_3^-$ até a dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o Latossolo arenoso a aplicação a longo prazo também não alterou as perdas de P-solúvel, porém reduziu as perdas de $N-NH_4^+$ até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entretanto aumentou as perdas de $N-NO_3^-$, aumentando assim o risco de contaminação das águas, tanto superficiais como subsuperficiais, devido a alta mobilidade do $N-NO_3^-$ no solo e a elevada permeabilidade deste solo.

2. As concentrações médias de P-solúvel, $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no escoamento aumentaram com o aumento das doses aplicadas em ambos os solos indicando risco de contaminação das águas superficiais, principalmente para P-solúvel e $N-NH_4^+$, que apresentaram níveis acima do permitido pela legislação brasileira.

3. As safras de verão foram as que mais contribuíram para as perdas totais dos nutrientes.

5. LITERATURA CITADA

APHA, A. E. G.; AWWA, A. D. E. & WEF, L. S. C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. Washington D. C., American Public Health Association, 1995. 1368p.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I. & ROLOFF G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 31:781-792, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº. 357. Diário Oficial da União de 18/03/2005. Brasília, 2005.

DAMATO, M. & BARBIERI, E. Determinação da toxicidade aguda de cloreto de amônia para uma espécie de peixe (*Hyphessobrycon callistus*) indicadora regional. *O Mundo da Saúde*, 35:401-407, 2011.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A.N. & LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview. *Journal Environmental Quality*, 27:251-257, 1998.

GILLEY, J. E.; EGHBALL, B. & MARX, D. B. Nutrient concentrations of runoff during the year following manure application. *American Society of Agricultural Engineers*, 50:1987-1999, 2007.

HEINZMANN, F. X.; MIYAZAVA, M. & PAVAN, M. A. Determinação de nitrato por espectrofotometria de absorção ultravioleta. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 8:159-163, 1984.

HOODA, P.S.; EDWARDS, A.C.; ANDERSON, H.A. & MILLER, A. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science Total Environment*, 250:143-147, 2000.

MCCASLAND, M.; TRAUTMANN, N. M.; PORTER, K. S. & WAGENET, R. J. Nitrate: health effects in drinking water. *Natural Resources: Cornell Cooperative Extension*, p.400-402, 1985.

MORI, H. F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J. & SANTOS, W. L. Perdas de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos de bovinos em Latossolo sob plantio direto e chuva simulada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:189-198, 2009.

PARHAM, J. A.; DENG, S. P.; RAUN, W. R. & JOHNSON, G.V. Long-term cattle manure application in soil. I. Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C, and dehydrogenase and phosphatase activities. *Biology and Fertility of Soils*, 35:328-337, 2002.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J. & NANEY, J. W. Environmental impact of agricultural nitrogen phosphorus use. *American Chemical Society*, 35:812-817, 1987.

SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T.; SIMS, T.; LEMUNYON, J. STEVENS, R. & PARRY, R. Agricultural phosphorus and Eutrofication. United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service, 2ed. 43p. 2003.

SIGMA PLOT. Scientific Graphing Software: versão 10.0. San Rafael, Hearne Scientific Software, 2006.

SILVEIRA, F. M. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos bovinos em Latossolo franco argilo arenoso sob plantio direto e chuva natural. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 95p. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, F. M.; FAVARETTO, M.; DIECKOW, J.; PAULETTI V.; VEZZANI, F. & SILVA, E. D. B. Dejetos Líquidos Bovinos em Plantio Direto: Perda de Carbono e Nitrogênio por Escoamento Superficial. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 35:1759-1767, 2011.

SMITH, D. R.; OWENS, P. R.; LEYTEM, A.B. & WARNEMUENDE, E. A. Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event. *Environmental Pollution*, 147:131-137, 2007.

TIMOFIECSZYK, A. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos bovinos sob plantio direto e chuva natural em Latossolo Bruno. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 72p. (Dissertação de Mestrado).

TIMOFIECSZYK, A; FAVARETTO, M.; DIECKOW, J.; PAULETI V. Perdas de carbono e nitrogênio com aplicação de dejetos líquido bovino em Latossolo muito argiloso sob plantio direto e chuva natural. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 36:1924-1930, 2012.

WHALEN, J. K. & CHANG, C. Phosphorus accumulation in cultivated soils from long-term annual applications of cattle feedlot manure. *Journal Environmental Quality*, 30:229-237, 2001.

WORTMANN, C.S. & WALTERS. D.T.. Phosphorus runoff during four years following composted manure application. *Journal Environmental Quality*, 35:651-657, 2006.

CONCLUSÃO GERAL

1. A aplicação de DLB a longo prazo (seis anos) reduziu as perdas de água, solo e carbono orgânico total até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em ambos os solos, porém não alterou as perdas de P-solúvel e N-NH_4^+ para o Latossolo argiloso, mas reduziu as perdas de N-NO_3^- até a dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o Latossolo arenoso a aplicação a longo prazo não alterou as perdas de P-solúvel, reduziu as perdas de N-NH_4^+ até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entretanto aumentou as perdas de N-NO_3^- com o aumento das doses de DLB aplicadas,

2. A aplicação de doses crescentes de DLB aumentou a concentração de nutrientes no escoamento superficial, gerando risco de contaminação das águas superficiais e comprometimento de sua qualidade.

3. As perdas nas safras de verão foram as principais contribuintes para as perdas totais de água, solo e nutrientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a aplicação de dejetos líquidos bovinos a longo prazo e voltando-se para o aspecto ambiental, os resultados obtidos nos mostram, que apesar de estar havendo um efeito benéfico quanto as perdas de água, solo e alguns nutrientes, deve ser dada atenção para as concentrações dos nutrientes no escoamento superficial, pois estas se revelaram acima dos limites permitidos pela legislação em vários eventos de escoamento isolados, bem como no comportamento geral dos solos no período avaliado, principalmente para P-solúvel e N-NH_4^+ . Portanto medidas que evitem com que o escoamento atinja corpos d'água superficiais devem ser tomadas para que não ocorra o comprometimento de sua qualidade.