

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

JOSÉ MECABÔ JÚNIOR

INFLUÊNCIA DE UMA APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS
SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO E EROÇÃO HÍDRICA EM UM NITOSSOLO
BRUNO

LAGES, SC

2013

JOSÉ MECABÔ JÚNIOR

**INFLUÊNCIA DE UMA APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS
SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO E EROSÃO HÍDRICA EM UM NITOSSOLO**

BRUNO

Dissertação apresentada ao Curso de pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Manejo do Solo.

Orientador: Dr. Ildegardis Bertol

Co-orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

Co-orientador: Dr. Fabrício Tondello
Barbosa

LAGES, SC

2013

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Mecabô Júnior, José

Influência de uma aplicação de dejetos líquidos de suínos sobre atributos do solo e erosão hídrica em um nitossolo Bruno / José Mecabô Júnior; orientador: Ildegardis Bertol. – Lages, 2013.
66f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC.

1. Perdas de solo e água. 2. Perdas de nutrientes. 3. Escoamento superficial.
4. Chuva simulada. I. Título.

CDD – 631.45

JOSÉ MECABÔ JÚNIOR

**INFLUÊNCIA DE UMA APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS
SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO E EROÇÃO HÍDRICA EM UM NITOSSOLO
BRUNO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC para a obtenção do título de Mestre em Manejo do Solo.

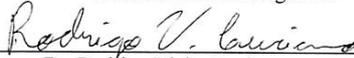
Pela Banca Examinadora:



Dr. Ildégaris Bertol
Orientador UDESC/Lages-SC



Dr. Fabricio Tondello Barbosa
Membro-UDESC/Lages-SC



Dr. Rodrigo Vieira Luciano
Membro-UDESC/Lages-SC



Dr. Oromar João Bertol
Membro Externo-EMATER-Curitiba-PR

Lages, 28 de fevereiro de 2013.

Agradecimentos

À Deus, por mais esta oportunidade, pela força nos momentos difíceis e de dúvidas, possibilitando alcançar mais este sonho muito importante em minha vida;

Ao professor Ildegardis Bertol, pela orientação e paciência;

Aos professores Fabrício, Álvaro pelas contribuições. Aos demais professores do CAV/UEDESC, pelo conhecimento disponibilizado;

Aos colegas do laboratório de uso e conservação do solo do CAV, bem como dos alunos bolsistas do IFSC/Lages, que contribuíram para realização dos trabalhos;

Aos professores do IFSC/Lages, Fabio e Luciane, pelas contribuições e amizade;

Aos meus pais José e Orlanda, e meus irmãos Tobias e Tiago, pelo carinho e força;

À minha futura esposa Lucilene, pelo amor e incondicional ajuda disponibilizada em mais esta etapa, bem como pelo carinho de minha entiaida Leticia;

Ao meu sogro Hélio e sogra Helena, pela compreensão e paciência;

Por fim agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

MECABÔ Júnior, José. **Influência de uma aplicação de dejetos líquidos de suínos sobre atributos do solo e erosão hídrica em um Nitossolo Bruno**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC, 2013.

A suinocultura apresenta grande importância social e econômica em Santa Catarina, sendo responsável por boa parte dos empregos e da renda no meio rural do estado. A elevada concentração da atividade em algumas regiões gera acúmulo de dejetos dos suínos e, o descarte desse dejetos, quando de forma inadequada, pode contaminar o ambiente. O experimento objetivou avaliar a influência da aplicação de dejetos líquidos de suínos sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Nitossolo Bruno e a erosão hídrica, em São José do Cerrito – SC. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0 (zero), 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos aplicado na superfície do solo uma única vez, após a germinação da cultura da aveia preta, em parcelas de 11 x 3,5 m delimitadas por chapas galvanizadas, com declividade média de 14,4%. Ao longo do ciclo da aveia, foram realizadas quatro chuvas simuladas com intensidade planejada de 65 mm h⁻¹ e duração de 75 minutos, em cada tratamento, com simulador de chuva tipo Swanson, para quantificar as perdas de solo, água, P e K. Antes da instalação do experimento e após o seu final, amostras de solo foram coletadas para avaliar as propriedades físicas e químicas e, ao final, determinou-se ainda a produção de massa seca da parte aérea da aveia e os teores de P e K na mesma. As propriedades físicas do solo, porosidade, densidade aparente e estabilidade de agregados em água, os teores de P e K do solo e as perdas totais de solo e água e as de P e K solúveis na enxurrada da erosão hídrica, não foram influenciadas por doses de dejetos líquidos de suínos, aplicadas por uma única vez no solo.

Palavras-chave: perdas de solo e água, perdas de nutrientes, escoamento superficial, chuva simulada.

ABSTRACT

MECABÔ Jr., Joseph. **Influence of an application of pig slurry on soil properties and erosion in a Alfisol Bruno**. 2013. 66 f. Dissertation (Master of Land Management) - University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, SC, 2013.

The pig farm has great social and economic importance in Santa Catarina, accounting for much of the employment and income in rural areas of the state. The high concentration of activity in some regions generates accumulations of manure, which, if discarded improperly, can contaminate the environment. The experiment aimed to evaluate the influence of the application of pig slurry on the properties of an Alfisol Bruno and water erosion, in São José do Cerrito - SC. The treatments consisted of doses of 0 (zero), 50, 100 and 200 m³ ha⁻¹ of pig slurry applied to the soil surface only once, after germination of the crop of oats in plots of 11 x 3 , 5 m bounded by galvanized sheets, with a slope of 14.4%. Throughout the cycle of oats, there were four simulated rain with projected intensity of 65 mm h⁻¹ and duration of 75 minutes for each treatment, with rainfall simulator type Swanson, to quantify soil loss, water, P and K soluble. Before installation of the experiment and after its end, soil samples were collected to evaluate the physical and chemical properties and, in the end, we determined the dry matter production of shoots of oats and the levels of P and K in the same. The physical properties of the soil, the soil P and soil, soil losses and total losses of these elements soluble in water runoff, were not affected by the doses of pig slurry, while the start time of flow surface water infiltration into the soil, water losses and the levels of P and K in water runoff in some cases were affected by manure doses, with variations between tests of simulated rain.

Key-words: soil and water losses, nutrients losses, runoff, simulated rainfall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Unidade experimental.....	25
Figura 2-	Vista do simulador de chuvas de braços rotativos tipo Swanson em operação.....	29
Figura 3-	Coleta do escoamento superficial em potes plásticos e, quantificação do volume do escoamento superficial com a proveta.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Direção de semeadura, quantidade de resíduo, cultura e ano de implantação por parcela.....	23
Tabela 2-	Caracterização do solo nas unidades experimentais, antes da aplicação dos tratamentos, em quatro camadas: porosidade total (Pt), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma) densidade do solo (Ds), diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), P e K antes da aplicação das doses do dejetto líquido de suínos.....	27
Tabela 3-	Intensidade ($I \text{ mm h}^{-1}$) e total (T mm) de chuva simulada aplicada por teste de chuva sobre a cultura da aveia preta.....	31
Tabela 4-	Produção de massa seca do resíduo cultural da parte aérea da aveia preta em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado.....	34
Tabela 5-	Teores de P e K na massa seca do resíduo cultural da parte aérea da aveia preta em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado.....	35
Tabela 6-	Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo em quatro camadas, antes da instalação e após o término do experimento.....	37
Tabela 7-	Diâmetro médio ponderado e densidade do solo em quatro camadas, antes da instalação e após o término do experimento.....	39
Tabela 8-	Teores de P em quatro camadas do solo, antes da instalação e após o término do experimento.....	41
Tabela 9-	Teores de K em quatro camadas do solo, antes da instalação e após o término do experimento.....	41
Tabela 10-	Teor de água em duas camadas do solo (T_a) e tempo de início do escoamento superficial (T_i), em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado, por teste de chuva simulada.....	43
Tabela 11-	Perdas de solo por erosão hídrica, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado.....	45
Tabela 12-	Infiltração de água no solo por teste de chuva simulada e média, em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado.....	46
Tabela 13-	Perdas de água por escoamento superficial, por teste de chuva simulada e média, em função das doses de dejetto líquido de suínos aplicado.....	47
Tabela 14-	Teores de P no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, no teste de 1 e 2 de chuva simulada.....	50
Tabela 15-	Teores de P no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, no teste de 3 e 4 de chuva simulada.....	51

Tabela 16-	Teores de K no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, no teste de 1 e 2 de chuva simulada.....	53
Tabela 17-	Teores de K no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, no teste de 3 e 4 de chuva simulada.....	54
Tabela 18-	Perdas totais de P solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado.....	56
Tabela 19-	Perdas de K solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado.....	57

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 EROÇÃO HÍDRICA DO SOLO.....	14
2.2 EROÇÃO HÍDRICA NA SEMEADURA DIRETA.....	15
2.3 A SUINOCULTURA E O DEJETO DOS ANIMAIS NO CONTEXTO CATARINENSE.....	15
2.3.1 Efeitos do dejetto líquido de suínos no solo.....	17
2.3.2 Efeitos do dejetto líquido de suínos na erosão hídrica	18
2.3.3 Perdas de nutrientes por erosão hídrica influenciadas pelo dejetto líquido de suínos.....	18
3 HIPÓTESES.....	21
4 OBJETIVOS.....	21
4.1 Gerais.....	21
4.2 Específicos.....	21
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	22
5.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
5.2.1 Implantação e manejo da aveia preta para o experimento.....	24
5.3 CARACTERÍSTICAS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS UTILIZADO NO EXPERIMENTO.....	24
5.4 UNIDADE EXPERIMENTAL.....	25
5.4.1 Caracterização do solo nas unidades experimentais.....	26
5.5 TRATAMENTOS.....	28
5.6 SIMULADOR DE CHUVA E CHUVA SIMULADA APLICADA.....	28
5.7 DETERMINAÇÕES REALIZADAS ANTES E DURANTE A APLICAÇÃO DAS CHUVAS.....	29
5.7.1 Teor de água no solo.....	29
5.7.2 Taxa instantânea do escoamento superficial.....	30
5.7.3 Intensidade e quantidade das chuvas aplicadas.....	30

5.7.4	Concentração de sedimentos no escoamento superficial.....	31
5.7.5	Concentração de P e K no escoamento superficial.....	32
5.8	DETERMINAÇÕES E CÁLCULOS REALIZADAS APÓS AS CHUVAS....	32
5.8.1	Determinação de P e K solúveis no escoamento superficial.....	32
5.8.2	Determinação das perdas de solo, água, P e K solúveis.....	32
5.8.3	Produção de massa seca.....	33
5.8.4	Determinação de P e K na massa seca de aveia.....	33
5.9	AJUSTE DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6.1	MASSA SECA DE RESÍDUO DA PARTE AÉREA DA AVEIA E TEORES DE P e K NO RESÍDUO.....	34
6.2	EFEITO DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E TEORES DE P e K DO SOLO.....	36
6.2.1	Propriedades físicas do solo.....	36
6.2.2	Teores de P e K no solo.....	40
6.3	TEOR DE ÁGUA DO SOLO ANTECEDENTE ÀS CHUVAS E INÍCIO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	42
6.4	PERDAS DE SOLO.....	44
6.5	INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E PERDAS DE ÁGUA.....	45
6.6	TEORES DE P e K e PERDAS TOTAIS DOS ELEMENTOS NA FORMA SOLÚVEL PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	48
6.6.1	Teores de P solúvel reativo e k solúvel no escoamento superficial	48
6.6.2	Perdas totais de P e K solúveis pelo escoamento superficial.....	55
7	CONCLUSÕES.....	58
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
9	APÊNCICES.....	67
10	ANEXOS.....	70

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da produção de suínos no estado de Santa Catarina está concentrada nas regiões oeste, meio-oeste e sul, em confinamento total em todas as etapas da produção. Este sistema criatório concentra a produção de dejetos, os quais, armazenados em lagoas denominadas de esterqueiras, necessitam daí serem retirados de tempos em tempos. Normalmente, esses dejetos, quase sempre na forma líquida, são utilizados como fertilizantes nas lavouras, na própria propriedade ou nas vizinhanças, procurando evitar o transporte a grandes distâncias para não aumentar os custos. Este procedimento tem resultado na aplicação dos dejetos em quantidades excessivas nas lavouras, na superfície do solo. A declividade do terreno em geral é alta na maior parte das propriedades da região e, por isso, as enxurradas decorrentes das chuvas que ocorrem logo após a aplicação dos dejetos carregam boa parte desse material pela erosão hídrica pluvial até os recursos hídricos, poluindo a água e causando uma série de problemas ambientais decorrentes da eutrofização.

Resultados de pesquisa têm mostrado o efeito do uso de dejetos de suínos sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e sobre a imobilização de alguns nutrientes no perfil do solo. Porém, inexitem pesquisas que relatem a influência do uso dos dejetos sobre as perdas de solo, água, nutrientes por erosão hídrica conduzida de maneira controlada sob chuva simulada, no sistema de semeadura direta no estado de Santa Catarina.

Neste contexto, aliado a grande importância da atividade agrícola no estado e à falta de informações sobre o assunto, fica evidente a necessidade de se conduzir pesquisas para responder a estas questões. Estas informações poderão auxiliar os produtores e técnicos a planejar práticas conservacionistas de solo de forma mais adequada e destinar corretamente os dejetos dos suínos, na forma de fertilizantes, em termos quantitativos, protegendo assim o solo e os recursos hídricos da contaminação e concorrendo para preservar a continuidade desta atividade agrícola de maneira segura ambientalmente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso de dejetos líquidos de suínos, aplicados uma única vez em doses crescentes na superfície do solo em semeadura direta, sobre as propriedades físicas e químicas do solo e quantificar as perdas de solo e água e as de P e K solúveis na enxurrada, pela erosão hídrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. 1. EROSÃO HÍDRICA DO SOLO

A erosão hídrica do solo é causada pela ação da chuva sobre o solo, sendo constituída pelas fases de desagregação, transporte e deposição das partículas, cujas fases podem ocorrer concomitantemente e, por isso, não são bem distintas uma das outras (ELLISON, 1947). A maior parte da energia erosiva da chuva provém das gotas e, o restante, do escoamento superficial (WISCHMEIER & SMITH, 1958). A chuva é um dos fatores de maior importância no processo erosivo, sendo a intensidade da mesma a principal característica. Assim, locais onde ocorrem chuvas torrenciais concentradas, de grande intensidade, são mais sujeitos à ocorrência da erosão do que locais em que as chuvas são frequentes e de baixa intensidade (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Além da intensidade, o volume, duração e frequência das chuvas, bem como a velocidade do escoamento superficial afetam a erosão hídrica. A duração, intensidade e volume da chuva são características inter-relacionadas com o poder erosivo da chuva. A frequência das chuvas, por outro lado, influencia a umidade do solo e têm efeito sobre as características do escoamento superficial (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

No processo erosivo, a desagregação é a separação das partículas ou agregados da massa de solo, causada principalmente pelo impacto das gotas de chuva, mas também pelo cisalhamento do escoamento superficial. O transporte consiste no deslocamento das partículas desagregadas para fora do local de origem, pelo salpicamento devido ao impacto das gotas, mas, principalmente, pelo escoamento superficial. A deposição ocorre quando a quantidade de material transportado excede a capacidade de transporte do fluxo, quando esta capacidade é reduzida ou quando a chuva cessa; a deposição é seletiva, sendo, primeiro, depositadas as partículas de maior tamanho ou densidade, ao longo da extensão da rampa (ELLISON, 1947; FOSTER & MEYER, 1972; FOSTER, 1982).

Dependendo das condições superficiais do solo e da forma de atuação do agente erosivo, a erosão hídrica pode ocorrer na forma entre sulcos ou em sulcos (ELLISON, 1947; MEYER et al., 1975). Na erosão entre sulcos, a desagregação das partículas de solo é ocasionada pelo impacto das gotas de chuva e, o transporte, o qual poderá ser

para dentro dos sulcos, se deve ao salpicamento provocado pelo impacto das gotas combinado ao fluxo laminar turbulento do escoamento superficial. Na erosão em sulcos, a ação do escoamento superficial concentrado dentro dos sulcos é responsável tanto pela desagregação quanto pelo transporte. Esta forma de erosão é originada em pequenos sulcos que se formam em decorrência do escoamento superficial, marcas das operações de preparo e nas depressões naturais do terreno. O impacto das gotas de chuva, apesar de não atingir diretamente a superfície do solo abaixo da lâmina de escoamento, produz turbulência no fluxo, aumentando sua capacidade de desagregação e transporte por suspender e manter suspensas as partículas de solo (MEYER et al. 1975; ALBERT et al. 1980; FOSTER, 1982).

Os fatores que afetam a erosão hídrica do solo são: a chuva, o solo, a topografia, a cobertura e manejo e as práticas conservacionistas, os quais se manifestam com intensidade variável (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Segundo Shick et al. (2000) as perdas de solo ocasionadas pela erosão hídrica são fortemente relacionadas ao o manejo do solo e a rotação de culturas, sendo que a adoção de sistemas de manejo conservacionista, como a semeadura direta por exemplo, reduz substancialmente as perdas de solo em relação ao preparo convencional. As perdas de nutrientes pela erosão hídrica são um dos principais fatores determinantes do empobrecimento dos solos e da redução da produtividade da maioria das culturas, com conseqüente aumento do custo de produção e da contaminação ambiental (SCHICK, et al., 2000).

2. 2. EROSÃO HÍDRICA NA SEMEADURA DIRETA

A semeadura direta é um sistema de manejo eficiente no controle das perdas de sedimentos, decorrente da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais os quais protegem o solo contra o impacto das gotas de chuva (FOSTER, 1982). Além disso, os resíduos culturais reduzem a concentração de sedimentos no escoamento superficial, por diminuírem a velocidade do escoamento superficial e formarem uma barreira física (MEYER et al., 1970). Portanto, a semeadura direta pode reduzir as perdas totais dos nutrientes, pelo efeito que exerce no controle das perdas de sedimentos (SHARPLEY et al., 2001; SHARPLEY et al., 1981; EGHBALL e GILLEY, 2001)

A eficácia da semeadura direta na redução nas perdas de sedimentos não é igual na redução das perdas de água (CARVALHO et al., 1990; LEVIEN et al., 1990; CASSOL et al., 2002). Isto decorre, em grande parte, pelo do fato da semeadura direta apresenta baixa rugosidade superficial (COGO, 1981), entre outros aspectos o que tende a acentuar-se na medida em que aumenta o tempo de permanência do sistema (WISCHMEIER, 1973). Carvalho et al. (1990) e Mueller et al. (1984), estudando perdas de água em diferentes sistemas de manejo de solo, constataram que na semeadura direta essas perdas foram maiores do que nas demais formas de manejo. Por sua vez, Levien et al. (1990) e Cassol et al. (2002), constataram que a semeadura direta apresentou igual perda de água em comparação ao sistema convencional de manejo do solo.

O fato de a semeadura direta apresentar maior eficiência no controle das perdas de sedimentos do que de água, faz com que as perdas de nutrientes, nesse sistema, tenham uma relação mais direta com as perdas de água no escoamento superficial do que com as perdas de sedimentos (CASSOL et al. 2002), ainda de acordo com Schick et al. (2000), a cobertura do solo pelos resíduos culturais protege a superfície contra o impacto das gotas de chuva e escoamento superficial, mantendo altas taxas de infiltração, porém, como o solo apresenta capacidade limitada de infiltração, chuvas de elevado volume podem ocasionar grandes perdas de água mesmo em semeadura direta

2. 3. A SUINOCULTURA E O DEJETO DOS ANIMAIS NO CONTEXTO CATARINENSE

A demanda mundial por proteína de origem animal cresceu ao longo dos anos, destacando-se a carne suína. Entre 1990 e 2011, ocorreu um aumento de 60% no rebanho brasileiro de suínos, passando de 19,7 milhões de cabeças para 32,3 milhões em. Santa Catarina destaca-se como o maior produtor nacional, com um rebanho de 8,7 milhões de cabeças, o que representa 27% do rebanho nacional (ANUÁRIO ESTÁTISTICO - SUINOCULTURA, 2011). Isto gerou uma receita de mais de US\$ 500 milhões em exportações para Santa Catarina em 2009 (ICEPA 2011), assumindo grande importância econômica e social no estado, já que muitas famílias obtêm sua renda diretamente desta atividade, além de milhares de postos de trabalho gerados nas

agroindústrias. Outro benefício da suinocultura consiste na agregação de valor ao produto final, pois o milho e a soja são transformados em ração para os animais, fazendo parte da cadeia produtiva no setor.

Em Santa Catarina, a atividade suinícola concentra-se nas regiões oeste e meio-oeste, em geral em propriedades de agricultura familiar, em regime de confinamento total dos animais, os quais são comercializados a grandes empresas agroindustriais (ANUÁRIO ESTÁTISTICO - SUINOCULTURA, 2011). As regiões citadas caracterizam-se por grande número de propriedades rurais, em geral pequenas e com relevo acidentado. O dejetos proveniente da suinocultura é utilizado como fertilizante nas lavouras e, devido às características da região, é difícil o correto uso do mesmo, podendo acarretar problemas ambientais, tais como, eutrofização e poluição da água.

De acordo com Perdomo et al. (2001), o resíduo proveniente da suinocultura é tratado como dejetos, constituído por fezes, urina, resto de ração, água e outros materiais resultantes da limpeza das instalações e, por isso, é manejado na forma líquida. Apresenta pH próximo de sete, com predomínio de N e P e, em menor quantidade, Ca, Mg, K e S, além de micronutrientes como Fe, Mn, Zn e Cu.

De acordo com Oliveira (1995), cada suíno produz $2,55 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ de dejetos, o que, baseado na produção catarinense, resulta em um total de 22,2 milhões de $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$ de dejetos, suficiente para adubar 444.000 ha de lavoura. A utilização do dejetos de suínos como fonte de nutrientes na produção agrícola é uma prática agrícola que pode ser ambientalmente correta, desde que seguidos os critérios técnicos recomendados para sua aplicação no solo (CORRÊA et al. 2011). É permitida, pelo órgão ambiental de Santa Catarina, a aplicação máxima de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (FATMA 2000). O uso de dejetos líquido de suínos resulta em menor custo de produção, como comprovaram Pandolfo e Ceretta (2008), em experimento com nove anos de duração, comparando diversas fontes de nutrientes e vários sistemas de preparo de solo. Sob o aspecto econômico, os autores concluíram que o dejetos de aves e o dejetos líquido de suínos apresentaram melhor desempenho econômico em relação a adubação mineral.

2.3.1. EFEITOS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NO SOLO

O uso de dejetos líquidos de suínos apresenta efeitos químicos, físicos e biológicos no solo, influenciados pelo tipo e manejo do solo, quantidade, forma e época de aplicação do dejetos (CORRÊA et al., 2011), dentre outros fatores.

Os efeitos físicos benéficos são a redução da densidade e o aumento da macroporosidade e da estabilidade dos agregados, explicados principalmente pelo aumento do teor de matéria orgânica e atividade biológica no solo (BARILLI 2005; CORRÊA et al., 2011), resultando em benefícios indiretos no aumento da taxa de infiltração de água e na aeração do solo. Arruda et al., (2010) verificaram que a aplicação de dejetos de suínos nas doses de 50 e 100 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ reduziu em pequena magnitude a estabilidade de agregados do solo. Porém, foi indiferente na dose de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em relação ao tratamento testemunha sem adubação, enquanto, os demais atributos físicos do solo e o teor de carbono orgânico não foram modificados pelos tratamentos. Isto indica que o dejetos de suínos, nas condições estudadas, manteve a qualidade física do solo. Andreola et al. (2000), trabalhando com aplicação de dejetos de aves em sistema de semeadura direta por cinco anos, também observaram os efeitos benéficos do uso do dejetos nas propriedades físicas do solo.

Quanto aos efeitos nas propriedades biológicas, Alves et al. (2008), em pesquisa com aplicação de doses variando de zero a 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ dejetos líquidos de suínos na superfície do solo em sistema de semeadura direta de milho, verificaram que a maior dose do dejetos afetou negativamente o desenvolvimento de algumas ordens da macrofauna do solo. Por outro lado, os autores constataram que a adubação equilibrada com dejetos misturado ao adubo mineral beneficiou a macrofauna do solo, principalmente devido ao aumento da produção de massa vegetal.

Em relação as propriedades químicas do solo, os melhores efeitos do dejetos líquidos de suínos ocorreram nas camadas mais superficiais, constatado por Gatiboni et al. (2008). Os autores trabalharam com aplicação sucessiva do dejetos durante quatro anos, com doses de até 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, constatando grande concentração de P na camada superficial até 15 cm de profundidade no solo, atingindo um valor oito vezes maior na dose de 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em relação ao tratamento sem aplicação do dejetos, em acordo com outros trabalhos (BERWANGER et al 2008; QUEIROZ et al., 2004). Com o uso prolongado do dejetos houve acúmulo de cobre e zinco (CORRÊA et al. 2011), e para nitrato (CERETTA et al. 2005; AITA et al. 2008). Já para o dejetos de aves, ocorreu acúmulo de potássio, além dos demais nutrientes citados, como demonstrado por

Andreola *et al.* (2000). Scherer *et al.* (2007), por outro lado, encontraram acúmulo de P nas camadas superficiais, mas não observaram efeito do dejetos de suínos sobre a acidez, cátions básicos, CTC e teor de matéria orgânica do solo, em acordo com o encontrado por Caovilla *et al.* (2010) que aplicaram o dejetos via irrigação localizada. Estas diferenças entre os resultados dos diversos trabalhos podem ser explicadas pelas variações na composição dos diversos dejetos, diretamente relacionadas com a dieta dos animais (PERDOMO *et al.* 2001).

2. 3. 2. EFEITOS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NA EROSÃO HÍDRICA

De acordo com Bertol (2005), em trabalho com dejetos líquidos de suínos aplicado na superfície do solo em semeadura direta, tendo posteriormente realizado chuva simulada com microsimulador de chuva, observou que o escoamento superficial iniciou mais cedo nos tratamentos com uso de dejetos, devido ao efeito hidrofóbico proporcionado pelo dejetos, proporcionando também maiores perdas de água, sendo observado este fenômeno também por Mori (2008), com o uso de dejetos líquidos de bovino. De acordo com estes autores e também com Haynes & Swift (1990) citado por Peles (2007), o efeito hidrofóbico do dejetos líquidos altera o comportamento da hidrologia de superfície do solo, diminuindo as condições adequadas para a rápida infiltração da água, devido à obstrução parcial dos macroporos, alterando a condutividade hidráulica do solo, afetando o comportamento do escoamento superficial.

2. 3. 3. PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO HÍDRICA INFLUENCIADAS PELO DEJETO LÍQUIDO DE SUINOS

As perdas de nutrientes por erosão hídrica são influenciadas por vários fatores, dentre eles a intensidade da chuva, a sequência de chuvas e o intervalo de tempo entre o momento de aplicação do adubo e o da incidência da chuva. Sharpley *et al.* (2001) verificaram redução nas perdas de P com o aumento do intervalo de tempo entre a aplicação do adubo e a ocorrência da primeira chuva, principalmente no caso da aplicação de adubo orgânico. Estes resultados podem ser explicados pelo maior

intervalo de tempo disponível para a reação do P com o solo e para adsorção do elemento aplicado que é retido pela fase sólida do solo.

As primeiras chuvas precipitadas após a aplicação de adubos no solo são as responsáveis pelas maiores perdas de nutrientes em relação às chuvas subsequentes (CASSOL et al., 2002). Bertol et al. (2007) relataram que a aplicação de dejetos líquidos de suínos sobre a superfície do solo em semeadura direta, seguido por chuva, aumentou as perdas de solo e água, carregando nutrientes para os recursos hídricos, com potencialidades de causar eutrofização da água. Portanto a aplicação de dejetos líquidos de suínos deve ser feita com cautela, especialmente em áreas declivosas, considerando-se que as maiores perdas ocorrem nos primeiros eventos de chuva com escoamento superficial após a aplicação do dejetos. A concentração de nutrientes no escoamento varia ainda dentro de uma mesma chuva, sendo que os valores de nutrientes tendem a serem maiores nos minutos iniciais de chuva (CASSOL et al., 2002). Badelucci (1997) verificou que houve significativa redução da concentração de P ao longo da duração do escoamento superficial com o aumento no tempo de duração da chuva. O mesmo ocorreu para o cálcio e magnésio, o que se deve à maior concentração dos nutrientes na superfície do solo na fase inicial das chuvas simuladas. Quanto ao potássio, o autor observou uma grande variação nos teores devido às variações na concentração de K existentes no solo.

As perdas de nutrientes através do escoamento superficial são favorecidas pela aplicação de dejetos de animais na superfície do solo, comparadas a sua incorporação, devido à interação que ocorre com a água da chuva (PIERSON et al., 2001). As perdas de nutrientes pelo escoamento superficial se dão inicialmente por desorção e dissolução dos nutrientes, estes dois processos são responsáveis pela extração dos nutrientes do solo e, ocorrem a partir da interação da água com a superfície do solo, após o início da chuva e antes do início do escoamento superficial (BERTOL, 2005). As partículas finas ou colóides, presentes na água do escoamento superficial, podem adsorver estes nutrientes dissolvidos na água e reduzir sua concentração na forma solúvel reativa. Consequentemente, isto aumenta sua concentração na forma particulada, principalmente de nutrientes com elevada capacidade de retenção no solo, como, por exemplo, o P. Desta forma, a reação de adsorção favorece a presença do elemento na forma particulada e a reação de desorção com a presença do elemento na forma dissolvida (BERTOL, 2005; SHARPLEY et al., 1994).

A água, quando se movimenta ao longo do perfil do solo, faz com que quantidades significativas do nitrato sejam lixiviadas, o que reduz sua concentração nas camadas superficiais do solo (SCHULTZ, 1987). O P, ao contrário do nitrogênio, se movimenta muito pouco ao longo do perfil do solo, principalmente em solos argilosos, ácidos e com altos teores de ferro e alumínio, acumulando-se mais nos primeiros cinco a dez centímetros do solo (MUZILLI, 1981). Desta forma, as perdas de P por erosão hídrica em sistemas agrícolas estão associadas com o escoamento superficial devido à sua baixa mobilidade no solo (FAVARETTO, 2002). Ainda de acordo com Ceretta et al. (2005), em trabalho realizado com aplicação de dejetos líquidos de suínos em doses crescentes até $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sob semeadura direta, com chuva natural, observaram que as perdas totais de P disponível por escoamento superficial foram 49 vezes maiores do que as perdas por percolação e, para o nitrogênio mineral, as perdas foram apenas 4 vezes maiores do que as observadas por percolação de nitrato.

O P é um elemento muito reativo quimicamente, não sendo possível encontrá-lo em seu estado puro na natureza (LOPES, 1998). Ainda de acordo com o autor, o acúmulo de P no solo ocorre devido ao não revolvimento, o que reduz o contato entre os colóides e o íon fosfato, diminuindo a reação de adsorção. Influí para isso a lenta mineralização dos resíduos orgânicos que leva ao desenvolvimento de formas orgânicas de P menos suscetíveis às reações de adsorção. Na presença de alumínio, ferro e cálcio, formam-se compostos de baixa solubilidade, fenômeno este chamado de fixação por precipitação (FANCELLI, 2000).

De acordo com Sharpley et al. (1994), a concentração de P total em ambiente aquático frequentemente excede os valores críticos associados com a eutrofização acelerada, embora as perdas de P por escoamento superficial geralmente sejam menores que 5% do P aplicado. O P solúvel representa apenas uma pequena fração do P total perdido por erosão hídrica, mas a forma solúvel é mais prontamente biodisponível do que aquela ligada aos sedimentos, por isso, causa maior impacto nos locais de deposição (BERTOL et al., 2004). Doses crescentes de P aplicado no solo têm correlação linear e positiva com os aumentos nas concentrações de P no escoamento superficial, o que eleva as perdas totais desse elemento na erosão hídrica (BERTOL et al., 2004).

3. HIPÓTESES

1. A aplicação de dejetos líquidos de suínos uma única vez sobre a superfície do solo, em área de semeadura direta, melhora as propriedades físicas e químicas, diminui as perdas de solo e água e aumenta as perdas de P e K pela erosão hídrica em relação à condição sem aplicação do dejetos.

2. O aumento da dose de dejetos líquidos de suínos diminui a erosão hídrica e aumenta as perdas de P e K no escoamento superficial.

4. OBJETIVOS

4.1. GERAIS

Avaliar os efeitos do uso de dejetos líquidos de suínos, aplicados uma única vez em doses crescentes na superfície do solo em semeadura direta, sobre as propriedades físicas e químicas do solo e quantificar as perdas de solo e água e as de P e K solúveis na enxurrada, pela erosão hídrica

4.2. ESPECÍFICOS

1. Avaliar os efeitos do uso de dejetos líquidos de suínos, aplicados em doses crescentes sobre o solo em semeadura direta, sobre as propriedades físicas e os teores de P e K do solo.

2. Quantificar as perdas de solo e água e as de P e K solúveis na enxurrada, ocasionadas pela erosão hídrica, sob uso de dejetos líquidos de suínos em semeadura direta, por meio de chuva simulada.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Centro de Educação Profissionalizante - CEDUP do Colégio Agrícola Caetano Costa, em São José do Cerrito, SC, na região do Planalto Sul Catarinense, entre março e setembro de 2012, as coordenadas do local são de 27°43' latitude Sul e 50°31' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 800 m, o clima é do tipo Cfb (subtropical úmido, chuvoso e com verões frescos), segundo a classificação de Köppen, e o relevo do local é ondulado a fortemente ondulado (BARBOSA 2011).

O solo é um Nitossolo Bruno Aluminoférrico húmico (EMBRAPA, 2006), de classe textural muito argiloso, cuja composição granulométrica na camada de 0-0,05 m de solo é de 62% de argila, 10% de silte e 28% de areia, com teor de carbono orgânico de 25 g kg⁻¹ (BARBOSA 2011).

5.2. HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Antes de outubro de 2009, a área encontrava-se sob uso agrícola, cultivada inicialmente sob preparo convencional e, nos últimos cinco anos antes de 2009, sob semeadura direta. As culturas utilizadas no local, antes de 2009, sob semeadura direta, foram: feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*), durante o verão, e aveia preta (*Avena strigosa* S.), ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) e pousio com predomínio de azevém (*Lolium multiflorum* L.), durante o inverno. A partir de outubro de 2009, esta área foi preparada para um experimento de pesquisa sob chuva simulada (BARBOSA, 2011), sendo cultivada em sistema de semeadura direta, com duas direções de semeadura e duas doses de resíduo, até o início de 2011, antes do inverno. As doses e tipos de resíduos culturais e as orientações de semeadura, durante o período de outubro de 2009 a início de 2011, constam na tabela 1.

A partir do cultivo de inverno de 2011, continuou a técnica de semeadura direta, mantendo-se todos os resíduos culturais sobre o solo, com semeadura no sentido morro abaixo nas culturas de verão e a lançar sem direção definida nas culturas de inverno. No

inverno de 2011, cultivou-se o nabo forrageiro, o qual foi roçado em novembro de 2011 e produziu 10 t ha⁻¹ de massa seca. Na sequência, cultivou-se o feijão vermelho, entre novembro de 2011 e final de fevereiro de 2012, o qual produziu 4 t ha⁻¹ de massa seca de resíduos. Em seguida, conduziu-se o presente experimento, com o cultivo de aveia.

Tabela 1. Direção de semeadura, quantidade de resíduo, cultura e ano de implantação por parcela.

Parcela	Direção de semeadura	Quantidade de resíduo (Mg ha ⁻¹)
..... Milho 2009.....		
1	Contorno	4,8 - Md
2	Contorno	9,6 - Di
3	Morro abaixo	9,6 - Di
4	Contorno	9,6 - Di
5	Contorno	4,8 - Md
6	Morro abaixo	4,8 - Md
7	Morro abaixo	9,6 - Di
8	Morro abaixo	4,8 - Md
.....Trigo 2010.....		
1	Contorno	1,8 - Md
2	Contorno	3,6 - Di
3	Morro abaixo	3,6 - Di
4	Contorno	3,6 - Di
5	Contorno	1,8 - Md
6	Morro abaixo	1,8 - Md
7	Morro abaixo	3,6 - Di
8	Morro abaixo	1,8 - Md
.....Soja 2010.....		
1	Contorno	1,8 - Md
2	Contorno	3,6 - Di
3	Morro abaixo	3,6 - Di
4	Contorno	3,6 - Di
5	Contorno	1,8 - Md
6	Morro abaixo	1,8 - Md
7	Morro abaixo	3,6 - Di
8	Morro abaixo	1,8 - Md

Fonte: Adaptado de Barbosa (2011). Di: dose inteira do resíduo; Md: meia dose do resíduo.

5. 2. 1. IMPLANTAÇÃO E MANEJO DA AVEIA PRETA PARA O EXPERIMENTO

No início de março de 2012, após a colheita do feijão, foi realizada a dessecação química da vegetação espontânea que cresceu durante o cultivo. Em seguida, fez-se a distribuição do resíduo de feijão que havia sido colhido, uniformemente sobre o solo, ficando a superfície coberta em aproximadamente 90%, aferida visualmente. No dia 21 de março de 2012 foi realizada a semeadura da aveia preta da seguinte forma: a semente foi distribuída manualmente a lanço sobre o solo, na quantidade de 120 kg ha⁻¹; em seguida, realizou-se a incorporação com uma gradagem leve, puxada por trator agrícola. No dia 21 de abril 2012, realizou-se o controle de plantas invasoras por meio da pulverização de herbicida com o princípio ativo metsulfurom metílico, na dose de 4 g ha⁻¹ do produto comercial. A adubação (04/05/2012) constituiu-se na aplicação de dejetos líquidos de suínos, aplicado conforme os tratamentos descritos adiante, no item 5.3. Após a realização do teste 2 de chuva simulada, foi realizada a roçada da aveia em todas as parcelas, objetivando uniformizar a altura das plantas, que haviam sido afetadas pela falta de chuva (anexo B). Em maio de 2012, aplicou-se nitrogênio na forma de ureia, na dose de 100 kg ha⁻¹ do produto comercial, equivalente à dose de 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em quantidade igual em toda área experimental, com o objetivo de acelerar o crescimento da aveia.

5. 3. CARACTERÍSTICAS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS UTILIZADO NO EXPERIMENTO

A criação de suínos da qual se obteve o dejetos, estava localizada nas dependências do – CEDUP, cujos animais eram criados em regime de confinamento total. O dejetos era composto por fezes, urina, água e demais resíduos, provenientes da limpeza das instalações, o qual passa a ser denominado de “dejetos líquidos de suínos”, ficava armazenado em uma lagoa de tratamento até o momento do uso, sendo daí retirado com auxílio de um distribuidor que fazia o seu transporte até a área experimental, para ser aí aplicado.

No dia subsequente à aplicação do dejetos foi realizado teste 1 de chuva simulada, perfazendo assim um intervalo de tempo de uma tarde e uma noite entre a aplicação do

dejeito e a realização dessa chuva.

Durante a aplicação do dejeito sobre o solo, foram coletadas amostras do mesmo em potes plásticos para posterior análise, as quais ficaram armazenadas sob temperatura de 6 °C até o momento das análises. Quantificou-se a matéria seca determinada em amostra seca a 60 °C, cujo teor foi de 2,7%. Em uma amostra da matéria seca foi realizada a digestão sulfúrica e nela se quantificou os nutrientes P e K conforme a metodologia de Tedesco et al. (1995), cujos teores eram de 0,57% de P e 0,43% de potássio, na matéria seca do dejeito.

5. 4. UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental tinha dimensões de 3,5 m de largura e 11 m de comprimento, conforme recomendações do IAPAR (1975), sendo delimitada por chapas galvanizadas (Figura 1). A extremidade inferior era delimitada por uma calha coletora de escoamento, a qual estava conectada a uma tubulação de PVC de 150 mm de diâmetro. A declividade média das parcelas era de 0,144 m m⁻¹, com variação de 0,135 a 0,151 m m⁻¹ entre uma parcela e outra (anexo A).

Figura 1 - Unidade experimental.



Fonte: Autor.

5. 4. 1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO NAS UNIDADES EXPERIMENTAIS

Antes da instalação e após o término do experimento, foram coletadas amostras deformadas do solo, em cada parcela, nas profundidades de 0-2,5; 2,5-7,5; 7,5-12,5 e 12,5-20 cm, para fins de caracterização das mesmas (Tabela 2). Com essas amostras foram determinados o diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água, pelo método de Kemper & Chepil (1965), além do teor de P e K no solo conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) . Nas mesmas profundidades foram coletadas amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos para determinação da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

Tabela 2. Caracterização do solo nas unidades experimentais, antes da aplicação dos tratamentos, em quatro camadas: porosidade total (Pt), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma) densidade do solo (Ds), diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), P (P) e K (K) antes da aplicação das doses do dejetto líquido de suínos.

Parcela	Camada	Pt	Mi	Ma	Ds	DMP	P	K
		.....%.....			(g cm ³)	(mm)	---- mg dm ³ ----	
1 (C-Md)		61,5	42,4	19,1	1,06	5,81	11,28	50
8 (Mb-Md)		56,6	28,0	28,7	1,21	5,39	12,03	116
4 (C-Di)		44,7	27,2	17,5	1,54	5,12	14,34	374
5 (C-Md)	0-2,5	51,9	28,5	23,4	1,34	5,41	10,8	231
3 (Mb-Di)		61,0	29,5	31,4	1,07	5,95	9,21	55
6 (Mb-Md)		55,8	27,9	27,9	1,23	4,85	18,21	50
2 (C-Di)		55,8	32,3	23,5	1,23	5,54	22,92	72
7 (Mb-Di)		48,3	27,4	20,9	1,44	5,19	7,08	374
1 (C-Md)		53,0	29,3	23,6	1,31	5,89	4,92	50
8 (Mb-Md)		48,3	27,7	20,7	1,44	5,51	6,24	49
4 (C-Di)		47,6	27,6	20,0	1,46	5,31	4,02	303
5 (C-Md)	2,5-7,5	48,8	29,6	19,2	1,43	5,67	6,21	33
3 (Mb-Di)		51,0	31,9	19,1	1,37	5,43	4,98	270
6 (Mb-Md)		45,3	27,9	17,4	1,52	5,21	4,92	50
2 (C-Di)		51,9	31,9	20,0	1,34	5,26	8,45	17
7 (Mb-Di)		52,3	39,7	12,6	1,33	5,37	5,52	50
1 (C-Md)		50,2	30,1	20,0	1,39	4,98	5,13	121
8 (Mb-Md)		48,0	28,6	19,4	1,45	6,06	3,03	132
4 (C-Di)		45,1	28,1	17,0	1,53	5,91	2,67	35
5 (C-Md)		49,0	28,7	20,2	1,42	5,22	2,58	77
3 (Mb-Di)	7,5-12,5	51,1	30,3	20,9	1,36	5,61	3,18	193
6 (Mb-Md)		46,6	29,2	17,4	1,49	5,80	3,81	27
2 (C-Di)		49,3	29,1	20,2	1,41	5,66	4,81	160
7 (Mb-Di)		48,0	29,3	18,8	1,45	5,50	2,10	35
1 (C-Md)		52,5	32,1	20,4	1,32	4,07	0,63	19
8 (Mb-Md)		50,2	31,4	18,9	1,39	5,29	1,59	94
4 (C-Di)		48,2	30,2	18,0	1,44	5,03	2,55	132
5 (C-Md)		51,9	34,2	17,8	1,34	5,05	1,26	49
3 (Mb-Di)	12,5-20	47,1	27,4	19,7	1,47	3,35	0,96	171
6 (Mb-Md)		52,8	33,4	19,4	1,31	4,58	1,35	22
2 (C-Di)		48,5	30,0	18,5	1,43	3,58	1,2	38
7 (Mb-Di)		50,0	31,6	18,4	1,39	4,52	0,66	83

C: semeadura em contorno; Mb: semeadura morro abaixo; Di: dose inteira do resíduo Md: meia dose do resíduo. Fonte: Autor.

5. 5. TRATAMENTOS

Os tratamentos constituíram-se das seguintes doses de dejetos líquidos de suínos: T0: zero $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$; T50: $50 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$; T100: $100 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$; T200: $200 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. O tratamento T0 foi aplicado nas parcelas 7 e 2, o tratamento T50 nas parcelas 3 e 6, o tratamento T100 nas parcelas 4 e 5 e o tratamento T200 nas parcelas 1 e 8. O dejetos foi retirado da lagoa de tratamento com auxílio de distribuidor, imediatamente transportado até a área experimental e aplicado no dia 04 de maio 2012, unicamente uma vez sobre o solo que estava sendo cultivado com aveia preta, 30 dias após a sua germinação. A aplicação foi realizada manualmente, com auxílio de baldes graduados e a quantificação da dose foi realizada visualmente nos baldes. O arranjo experimental dos tratamentos constituiu em dois blocos inteiramente casualizados, cada um com uma repetição, com quatro tratamentos distribuídos ao acaso em cada bloco, totalizando oito unidades experimentais.

5. 6. SIMULADOR DE CHUVA E CHUVA SIMULADA APLICADA

Para a realização das chuvas simuladas, utilizou-se um aparelho simulador de chuva de braços rotativos (SWANSON, 1965), que cobria simultaneamente duas parcelas (Figura 2).

Sobre os tratamentos foi aplicada chuva simulada com duração de 75 min e intensidade constante planejada de 65 mm h^{-1} , tendo como propósito obter a taxa constante do escoamento superficial. A fonte de água era proveniente de um rio próximo ao local. Foram realizados quatro testes de chuva simulada, nas seguintes datas: teste 1 em 05 de maio de 2012; teste 2 em 26 de maio 2012; teste 3 em 20 de julho de 2012; teste 4 em 25 de agosto de 2012. Os intervalos de tempo entre os testes de chuva simulada foram: entre o teste 1 e 2 de 21 dias; entre o teste 2 e 3 de 54 dias; e entre o teste 3 e 4 de 34 dias.

Entre o teste 1 e o teste 2, precipitou 23 mm de chuva natural; entre o teste 2 e o teste 3 precipitou 215 mm; e entre o teste 3 e o teste 4 precipitou 111 mm de chuva (Dados da Rede do INMET - Estação Lages – SC -2012.)

Foram coletadas amostras da água do rio em potes plásticos para posterior análise, sendo que o tratamento e as determinações realizadas nessa amostra foram às mesmas realizadas nas amostras coletadas do escoamento superficial, descritas adiante (Itens 5.7.5 e 5.8.1). Como o simulador de chuva cobria simultaneamente duas parcelas e havia oito parcelas, foi necessária a realização de quatro chuvas por teste.

Figura 2 - Vista do simulador de chuvas de braços rotativos tipo Swanson em operação.



Fonte: Autor.

5. 7. DETERMINAÇÕES REALIZADAS ANTES E DURANTE A APLICAÇÃO DAS CHUVAS

5. 7. 1. TEOR DE ÁGUA NO SOLO

Imediatamente antes do início das chuvas, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m, em um ponto em cada parcela, com auxílio de

um trado, sendo, logo em seguida acondicionadas em latas metálicas, para determinação da umidade gravimétrica seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997).

5. 7. 2. TAXA INSTANTÂNEA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Com o início do escoamento superficial, iniciou-se a medição da taxa instantânea de escoamento, que era feita em intervalos de cinco minutos até o final dos 75 min de duração da chuva (Figura 3). Para isso, utilizou-se uma proveta graduada de 2.000 ml quando o volume de escoamento era pequeno. Conforme aumentava, optava-se por um balde graduado, de 15.000 ml, buscando-se coletar a maior quantidade possível do escoamento, sendo executado da seguinte forma: era colocado sob o fluxo na extremidade do cano conectado à calha coletora, de onde saía à enxurrada. A duração da coleta variava conforme a vazão, anotando-se o volume e o tempo de coleta, com o intuito de verificar a estabilização da taxa do escoamento superficial até o final dos 75 min de chuva.

5. 7. 3. INTENSIDADE E QUANTIDADE DAS CHUVAS APLICADAS

Para verificação da intensidade e quantidade das chuvas simuladas aplicadas (Tabela 3), foram distribuídos estrategicamente 20 pluviômetros sobre a área coberta pela chuva simulada, com área de captação de 53,85 cm² cada um. Ao final dos 75 min de chuva fez-se a leitura do volume de água dos pluviômetros, com auxílio de uma proveta graduada (ml). A intensidade real de chuva foi obtida pela seguinte fórmula, descrita em Barbosa (2011):

$$i = 10 (V_m / A / t) \quad [1]$$

Onde:

i = intensidade de chuva (mm h⁻¹);

V_m = volume médio de água nos pluviômetros (ml);

A = área de captação dos pluviômetros (cm²);

t = tempo de duração da chuva (h);

10 = fator de conversão de unidades.

A quantidade total de chuva foi obtida pela multiplicação da intensidade da chuva

(mm h^{-1}) pelo tempo de duração da mesma (h).

Tabela 03. Intensidade (I - mm h^{-1}) e total (T - mm) de chuva simulada aplicada por teste de chuva sobre a cultura da aveia preta.

Tratamento	Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4	
	I	T	I	T	I	T	I	T
T200	63,9	79,9	60,7	75,8	71,9	89,8	62,6	78,2
T100	60,6	75,8	62,2	77,7	70,5	88,1	62,8	78,4
T50	60,6	75,8	62,2	77,7	70,5	88,1	62,8	78,4
T0	63,9	79,9	60,7	75,8	71,9	89,8	62,6	78,2

Fonte: Autor.

Figura 3 – Coleta do escoamento superficial em potes plásticos e quantificação do volume do escoamento superficial com a proveta.



Fonte: Autor.

5. 7. 4. CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Imediatamente após a leitura da taxa de escoamento superficial, com intervalos de cinco minutos, colocava-se sob o fluxo um pote plástico com capacidade de 700 ml, no

tempo necessário para enchê-lo, objetivando a coleta de escoamento superficial para determinação da concentração de sedimentos na mesma.

5. 7. 5. CONCENTRAÇÃO DE P e K NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

No mesmo instante de coleta do escoamento superficial em pote plástico para quantificação da concentração de sedimentos, coletava-se também e enxurrada em outro pote plástico com capacidade de 250 ml, da mesma forma, para determinação dos teores de P e K no escoamento superficial. Este pote era imediatamente acondicionado, em caixa térmica com gelo, visando garantir o resfriamento durante o seu transporte até o laboratório onde seria armazenado sob refrigeração ao redor de 6°C, até o momento da análise química.

5. 8. DETERMINAÇÕES E CÁLCULOS REALIZADOS APÓS AS CHUVAS

5. 8. 1. DETERMINAÇÃO DE P E K SOLÚVIES NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

As amostras do escoamento superficial contendo água e sedimentos foram filtradas em membrana de éster de celulose de 0,45 micrômetros, obtendo assim a água do escoamento superficial. Após a filtração, foram armazenadas em temperatura de 6 °C. Para obtenção dos teores de P solúvel reativo na água do escoamento superficial, o método usado foi de Murphy & Riley (1962), sendo que a leitura foi realizada por espectrofotômetro de ultravioleta através de fotolorimetria. Para obtenção dos teores de K solúvel foi utilizado o método de Tedesco et al. (1995), sendo realizada a leitura no espectrofotômetro de chama.

5. 8. 2. DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO, ÁGUA, P E K SOLÚVIES

As amostras do escoamento superficial (item 5.8.4) foram pesadas e, posteriormente, secas em estufa, a temperatura de 60 °C para quantificação da massa de sedimentos. A massa de sedimentos, dividida pela quantidade de água presente antes da secagem, resultou na concentração de sedimentos no escoamento superficial. Os cálculos foram realizados utilizando um programa computacional, do tipo planilha Excel, elaborado pelo Prof. Elemar Antonino Cassol do DS-FA-UFRGS, denominado

“PODEROSÃO”, através da inserção das informações: intensidade e duração da chuva, declividade média do terreno nas parcelas, massa de sedimentos e taxa do escoamento superficial. Assim, obtiveram-se as perdas de solo e água instantâneas e totais.

Com os teores de P e K na água do escoamento superficial e as quantidades de água, foram calculadas as perdas instantâneas e totais dos elementos solúveis na água.

5. 8. 3. PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE AVEIA

Após o término do experimento, foi coletada, em cada uma das unidades experimentais, uma amostra da parte aérea da aveia preta, para quantificação da massa seca. Coletaram-se todas as plantas presentes numa área de um m² ao acaso na parcela. Estas plantas foram colocadas em sacos de rafia e levados para estufa, onde foram secadas em temperatura de 60 °C, sendo pesadas em seguida e o valor extrapolando para um hectare.

5. 8. 4. DETERMINAÇÃO DE P E K NA MASSA SECA DE AVEIA

Após a secagem e pesagem das plantas de aveia preta, uma amostra delas foi triturada em moinho de facas, armazenada dentro de sacos de papel em local seco e escuro. Em seguida foi realizada a digestão sulfúrica da amostra e determinados os teores P e potássio, conforme a metodologia de Tedesco et al. (1995).

5. 9. AJUSTE DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Devido à variação verificada na intensidade das chuvas simuladas aplicadas (Tabela 3) e na declividade das parcelas experimentais (anexo A), os dados de perda de solo foram ajustados para a intensidade de chuva planejada de 65 mm h⁻¹ e declividade média das parcelas de 0,144 m m⁻¹, com auxílio do programa PODEROSÃO, descrito anteriormente (Item 5.8.2)

Os dados foram tratados estaticamente utilizando a análise da variância e, quando as diferenças entre os tratamentos foram significativas, foi realizado o teste de Duncan a 5% de significância. Para isso utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT 7.6 Beta (2012).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6. 1. MASSA SECA DE RESÍDUO DA PARTE AÉREA DA AVEIA E TEORES DE P e K NO RESÍDUO

A produção de massa seca de resíduo da parte aérea da aveia preta é apresentada na tabela 4, tendo atingido a quantidade máxima de 8,46 Mg ha⁻¹ e a mínima de 6,12 Mg ha⁻¹. Não houve diferença estatística entre os tratamentos, apesar da diferença absoluta de valores entre algumas repetições. Isto pode ser justificado pela baixa precipitação ocorrida no período (anexo B), a qual prejudicou a germinação promoveu o estabelecimento desuniforme da aveia, sendo, a parcela 1 da repetição T200 a mais afetada até o teste 1 de chuva. Após o teste 2 de chuva, foram roçadas todas as parcelas conforme descrito em material e métodos (item 5.2.1), diminuído assim, a disparidade entre as parcelas. Essa quantidade de massa seca de resíduo de aveia produzida está em acordo com aquela encontrada por Aita et al. (2006), Assmann et al. (2009), os quais obtiveram valores entre 7 e 8 Mg ha⁻¹ de massa seca da cultura da aveia preta adubada com dejetos líquido de suínos.

Tabela 4. Produção de massa seca do resíduo cultural da parte aérea da aveia preta em função das doses de dejetos líquido de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Massa seca (Mg ha ⁻¹)
T200	6,12a
T100	7,63a
T50	8,46a
T0	7,53a
CV (%)	12,8

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

Os teores de P e K na massa seca da aveia estão apresentados na tabela 5, cujos valores não apresentaram diferença para o P, com alguma diferença para o K, entre os tratamentos. O teor de P não foi afetado pelos tratamentos, variando de 0,65 g kg⁻¹ a 0,76 g kg⁻¹. A justificativa, possivelmente se deve pela baixa precipitação ocorrida durante o ciclo (anexo B). A falta de chuva pode ter prejudicado o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a absorção adequada deste nutriente fornecido pelo dejetos, como relataram Assmann et al. (2007), em cujo trabalho a falta de precipitação inibiu a diferença de produção de massa seca de aveia preta adubada com diferentes doses de dejetos de suínos em relação à testemunha.

Para o K (tabela 5), houve influência da dose do dejetos, sendo que os tratamentos T200 e T50 apresentaram o maior teor do elemento em relação ao tratamento sem aplicação de dejetos (T0). Contudo, o tratamento T100, apesar do maior valor em termos absolutos, não difere estatisticamente do T0. Isto é justificado pelo alto teor de K no solo (tabela 2), mesmo antes da aplicação do dejetos, possibilitando o fornecimento de quantidades adequadas à planta, não necessitando da fonte externa do nutriente, oriunda do dejetos.

Tabela 5. Teores de P e K na massa seca do resíduo cultural da parte aérea da aveia preta em função das doses de dejetos líquido de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	P	Potássio
	----- g kg ⁻¹ -----	
T200	0,76a	25,8a
T100	0,68a	21,2ab
T50	0,74a	24,8a
T0	0,65a	20,0b
CV (%)	15,1	12,2

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

Os teores de P encontrados na parte aérea da aveia (tabela 5) estão abaixo dos valores encontrados por Ethal et al. (2010), porém em conformidade com os encontrados por Prado et al. (2006). Já para o K, os teores estão abaixo dos encontrados por Matos et al. (2005) e em conformidade com os encontrados por Santi et al. (2003).

6. 2. EFEITO DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E TEORES DE P e K DO SOLO

6. 2. 1. PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Os dados sobre o efeito da aplicação de dejetos líquidos de suínos sobre a macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo em quatro camadas é apresentada na tabela 6. Na camada 2,5-7,5 cm ocorreu aumento da macroporosidade do solo, para todos os tratamentos, bem como para a porosidade total do solo, exceto no tratamento T0 que não diferiu estatisticamente dos demais. Isto pode ter ocorrido pela ação das raízes, que se concentraram nesta camada, melhorando a estrutura do solo através do aumento da macroporosidade e conseqüentemente da porosidade total, como também relatado por Silva et al. (2006), os quais atribuíram que o fato da manutenção do solo coberto no sistema de semeadura direta melhora as propriedades físicas.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo na camada 0-2,5 cm, 7,5-12,5 cm e 12,5-20 cm (tabela 6), apesar da diferença absoluta entre os valores, mas não diferiram estatisticamente entre si, em acordo com Arruda et al. (2010). Isto se justifica pela baixa quantidade de matéria orgânica que foi fornecida pelo dejetos líquidos de suínos aplicado, o qual possuía apenas 2,7% de matéria seca. A matéria orgânica adicionada pelo dejetos melhora a qualidade física do solo, como relatado por Seganfredo (1998) em trabalho realizado com doses de dejetos suínos calculadas para suprir entre 100 e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Essas doses aumentaram a macroporosidade e porosidade do solo, sendo esse efeito evidenciado somente após o terceiro ano de aplicação. Como a presente pesquisa foi conduzida por 110 dias, possivelmente não houve tempo suficiente para promover maiores alterações sobre as propriedades físicas do solo.

Tabela 6. Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo em quatro camadas, antes da instalação e após o término do experimento. (média das repetições).

Tratamento	Macroporosidade		Microporosidade		Porosidade total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
	----- % -----					
	.....0-2,5 cm.....					
T200	23,9 aA	22,3 aA	35,2 aA	32,0 aA	59,1 aA	54,3 aA
T100	20,5 aA	23,1 aA	27,8 aA	33,5 aA	48,3 aA	56,7 aA
T50	29,7 aA	21,2 aA	28,7 aA	30,9 aA	58,4 aA	52,0 aA
T0	22,2 aA	21,6 aA	29,9 aA	30,8 aA	52,1 aA	52,3 aA
CV (%)	14,0	14,0	7,9	7,9	9,5	9,5
	.....2,5-7,5 cm.....					
T200	22,2 aB	34,3 aA	28,5 aA	30,1 aA	50,7 aB	64,4 aA
T100	19,6 aB	36,4 aA	28,6 aA	25,1 aA	48,2 aB	61,5 aA
T50	18,3 aB	32,3 aA	29,9 aA	30,2 aA	48,1 aB	62,4 aA
T0	16,3 aB	31,8 aA	35,8 aA	29,7 aA	52,1 aA	61,5 aA
CV (%)	33,4	33,4	11,2	11,2	19,4	19,4
	.....7,5-12,5 cm.....					
T200	19,7 aA	19,6 aA	29,3 aA	30,0 aA	49,1 aA	49,6 aA
T100	18,6 aA	18,4 aA	28,4 aA	30,4 aA	47,0 aA	48,8 aA
T50	19,1 aA	17,9 aA	29,7 aA	29,3 aA	48,9 aA	47,2 aA
T0	19,5 aA	19,8 aA	29,2 aA	28,0 aA	48,7 aA	47,8 aA
CV (%)	15,9	15,9	8,3	8,3	4,5	4,5
	.....12,5-20 cm.....					
T200	19,6 aA	16,9 aA	31,7 aA	28,6 aA	51,4 aA	45,5 aA
T100	17,9 aA	18,8 aA	32,2 aA	30,1 aA	50,1 aA	48,9 aA
T50	19,5 aA	17,9 aA	30,4 aA	30,8 aA	49,9 aA	48,7 aA
T0	18,4 aA	18,4 aA	30,8 aA	29,2 aA	49,3 aA	47,6 aA
CV (%)	9,4	9,4	2,9	2,9	3,9	3,9

*Médias seguidas pelas mesmas letras: minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). **Foram realizadas comparações estatísticas dos tratamentos somente por camada, e não entre as camadas do solo. Fonte: Autor

O tratamento T50 reduziu o diâmetro médio ponderado nas camadas 0-2,5 e 2,5-7,5 cm (tabela7), sem efeito nas demais camadas e tratamentos, apesar da redução do valor numérico ocorrido na camada 7,5-12,5 cm, não diferindo estatisticamente. Na camada 12,5-20 cm, houve aumento do valor do diâmetro médio ponderado, contudo

sem diferença estatística. Esta variação, em pequena escala, do diâmetro médio ponderado nas camadas, também foi observada por Rauber (2011), o qual trabalhou com Nitossolo Vermelho que recebeu dejetos de suínos e aves durante sete anos, encontrando também, efeito variado da aplicação do dejetos sobre o diâmetro médio ponderado em camadas de até 20 cm de profundidade do solo, como ocorreu na presente pesquisa. Na média das camadas, os valores são considerados altos, mas de ocorrência comum em solos de textura argilosa sob semeadura direta, conforme dados obtidos por Barilli (2005), o qual trabalhou com aplicação de dejetos de suínos em Latossolo de textura argilosa.

Houve redução da densidade do solo na camada 2,5-7,5 cm com a aplicação dos tratamentos, porém sem diferença entre os tratamentos (tabela 7). Este fato é explicado em parte pela aplicação do dejetos líquido de suínos, porém o tratamento sem aplicação também a reduziu, indicando que outros fatores estão atuando. De acordo com Embrapa (2004) citado por Rauber (2011), as raízes de gramíneas por serem fasciculadas atuam na agregação do solo por ação mecânica e liberam exsudatos com ação cimentante, juntamente com o teor de C orgânico conferem elevada estabilidade de agregados, reduzindo a densidade do solo. Nas demais camadas não houve efeito dos tratamentos sobre a densidade do solo, em acordo com Arruda (2007), em trabalho com aplicação de dejetos líquido de suínos em semeadura direta, sobre Latossolo, e com Seganfredo (1998), em solo com aplicações de dejetos, com tempo inferior a três anos. Isto pode ser explicado pelo maior desenvolvimento radicular ocorrido na camada 2,5-7,5 cm, ficando as demais camadas com poucas raízes e sem maiores efeitos sobre a densidade do solo, além do curto espaço de tempo de aplicação do dejetos.

Verifica-se que, de maneira geral, o efeito do dejetos líquido de suínos, associado ao manejo do solo com a manutenção dos resíduos culturais na superfície, afetou positivamente as propriedades físicas do solo, com tendência de aumento da macroporosidade, e redução da densidade do solo, bem como de manter em níveis elevados a estabilidade de agregados, em acordo com Andreola (2000) que aplicou doses de dejetos com diferentes tipos de cobertura em solo de textura argilosa.

Tabela 7. Diâmetro médio ponderado e densidade do solo em quatro camadas, antes da instalação e após o término do experimento. (média das repetições).

Tratamento	Diâmetro médio ponderado (mm)		Densidade do solo (g cm ⁻³)	
	Antes	Após	Antes	Após
.....0-2,5 cm.....				
T200	5,6 aA	5,3 abA	1,12 aA	1,27 aA
T100	5,2 aA	5,6 aA	1,42 aA	1,20 aA
T50	5,4 aA	4,0 bB	1,13 aA	1,33 aA
T0	5,4 aA	4,6 abA	1,31 aA	1,32 aA
CV (%)	8,3	8,3	11,6	11,6
.....2,5-7,5 cm.....				
T200	5,7 aA	5,0 aA	1,37 aA	0,98 aB
T100	5,5 aA	4,5 aA	1,44 aA	1,07 aB
T50	5,3 aA	4,2 aB	1,44 aA	1,03 aB
T0	5,3 aA	5,5 aA	1,33 aA	1,06 aB
CV (%)	8,7	8,7	5,0	5,0
.....7,5-12,5 cm.....				
T200	5,5 aA	5,7 aA	1,41 aA	1,40 aA
T100	5,6 aA	4,5 aA	1,47 aA	1,42 aA
T50	5,7 aA	5,0 aA	1,42 aA	1,46 aA
T0	5,6 aA	4,6 aA	1,42 aA	1,43 aA
CV (%)	12,8	12,8	4,7	4,7
.....12,5-20 cm.....				
T200	4,7 aA	5,2 aA	1,35 aB	1,51 aA
T100	5,0 aA	5,6 aA	1,38 aA	1,42 aA
T50	3,9 aA	4,3 aA	1,39 aA	1,42 aA
T0	4,0 aA	4,5 aA	1,41 aA	1,45 aA
CV (%)	24,3	24,3	3,3	3,3

*Médias seguidas pelas mesmas letras: minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). ** Foram realizadas comparações estatísticas dos tratamentos somente por camada, e não entre as camadas do solo. Fonte: Autor

6. 2. 2. TEORES DE P e K NO SOLO

O efeito da aplicação do dejetos líquido de suínos sobre o teor de P em quatro camadas de solo é apresentado na tabela 8. Na camada 0-2,5 cm, nenhum dos tratamentos afetou o teor de P, apesar da redução numérica ocorrida após a aplicação dos tratamentos, exceto para o T100. Porém, não diferiram estatisticamente, ocorrendo

o mesmo para as demais camadas. A ausência de efeito das doses e a redução dos teores de P após aplicação do dejetos pode ser decorrente da absorção do elemento pela aveia preta e parte perdida via erosão hídrica, como tratada mais adiante, visto que as quantidades adicionadas pelo dejetos foram pequenas (anexo B).

Os maiores valores do teor de P ocorreram na camada 0-2,5 cm (tabela 8), tanto antes quanto após a aplicação do dejetos, com valores entre alto a muito alto (CQFS/ RS-SC 2004). Os altos valores de teor de P no solo, antes da aplicação do dejetos, se justificam devido à condução da área sob semeadura direta. Na semeadura direta, o teor alto de P na camada superficial do solo é normal, pois o mesmo apresenta baixa mobilidade no solo e, ainda, por ser adicionado através de adubação superficial (dejetos de animais) ou incorporado a poucos centímetros de profundidade (adubação química). Com a intensificação de aplicação de dejetos líquido de suínos, ao longo do tempo, aumenta ainda mais o teor de P no solo, como relatado por Gatiboni et al. (2008). Para as demais camadas, houve redução numérica do teor de P, com variação dos valores entre alto e baixo (CQFS/ RS-SC 2004), sendo os menores valores encontrados na camada 12,5-20,0 cm. Scherer et al. (2007), o qual trabalhou com aplicação em superfície de diferentes doses de dejetos líquido de suínos, por três anos em Latossolo de textura argilosa, verificou acúmulo de P até 10 cm de profundidade e redução nas camadas mais profundas. O aumento da concentração de P no solo com uso de dejetos se dá com o passar do tempo, como reportado por Rauber (2011), o qual encontrou alta concentração de P ao longo do perfil do solo, após a aplicação continuada de dejetos por sete anos, e em oito anos, como reportado por Dal Bosco (2008).

O efeito da aplicação do dejetos líquido de suínos sobre o teor de K em quatro camadas de solo é apresentado na tabela 9. O tratamento T0 na camada 0-2,5 cm, os tratamentos T100 e T50 na camada 2,5-7,5 cm e, T50 na camada 7,5-12,5, apresentaram redução dos teores de potássio, enquanto nos demais tratamentos e camadas houve aumento dos teores de elemento, porém sem diferença estatística, em acordo com Arruda (2007), Scherer et al. (2007). Isto se justifica pela alta concentração de K no solo antes da aplicação dos tratamentos, somada ao K aplicado pelo dejetos e também pela liberação deste nutriente pela decomposição dos resíduos culturais presentes sobre a superfície do solo. Isso, aliado à grande mobilidade de K no solo, fez com que ele apresentasse teores altos mesmo nas camadas mais profundas, mas em valores mais baixos do que na superfície, concordando com Andreola (2000).

Tabela 8. Teores de P em quatro camadas do solo, antes da instalação e após o término do experimento. (média das repetições).

	0 - 2,5 cm		2,5 - 7,5 cm		7,5 - 12,5 cm		12,5 - 20 cm	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
	.....mg dm ⁻³							
T200	11,7 aA	6,7 aA	5,6 aA	4,2 aA	4,1 aA	2,4 aA	1,1 aA	0,8 aA
T100	12,6 aA	14,6 aA	5,1 aA	4,6 aA	2,6 aA	2,7 aA	1,9 aA	2,2 aA
T50	13,7 aA	9,4 aA	5,0 aA	8,1 aA	3,5 aA	4,9 aA	1,2 aA	1,4 aA
T0	15,0 aA	11,1 aA	6,9 aA	6,2 aA	6,1 aA	2,9 aA	0,9 aA	2,0 aA
CV (%)	57,0	57,0	65,9	65,9	94,9	94,9	36,4	36,4

*Médias seguidas pelas mesmas letras: minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). ** Foram realizadas comparações estatísticas dos tratamentos somente por camada, e não entre as camadas do solo. Fonte: Autor

Tabela 9. Teores de K em quatro camadas do solo, antes da instalação e após o término do experimento. (média das repetições).

	0 - 2,5 cm		2,5 - 7,5 cm		7,5 - 12,5 cm		12,5 - 20 cm	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
	.....mg dm ⁻³							
T 200	83 aA	160 aA	50 aA	175 aA	127 aA	182 aA	56 aA	179 aA
T 100	303 aA	346 aA	168 aA	100 aA	56 aA	193 aA	90 aA	187 aA
T 50	82 aA	165 aA	160 aA	101 aA	110 aA	100 aA	96 aA	142 aA
T 0	223 aA	139 aA	33 aA	83 aA	97 aA	143 aA	60 aA	77 aA
CV (%)	60,8	60,8	71,5	71,5	86,3	86,3	100,7	100,7

*Médias seguidas pelas mesmas letras: minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). ** Foram realizadas comparações estatísticas dos tratamentos somente por camada, e não entre as camadas do solo. Fonte: Autor

6. 3. TEOR DE ÁGUA DO SOLO ANTECEDENTE ÀS CHUVAS E INÍCIO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O teor de água do solo antecedente a realização das chuvas simulada é apresentado na tabela 10, cujos valores podem ser considerados altos para este tipo de solo, de acordo com Costa (2012), apresentando maior variação entre os testes de chuva, com pequenas diferenças entre os tratamentos e camadas. Em geral, os valores variaram de 31% a 18% na camada 0-0,1 m e de 29% a 19% na camada de 0,1 a 0,2 m. Nos três primeiros testes de chuva, o teor de água médio foi maior, com pequena diferença de valores nas duas camadas de solo em relação ao teste 4, onde essa variável foi menor nas duas camadas devido, principalmente, à ausência de chuva nos dias que antecederam a realização deste teste, conforme se observa no (anexo B).

O tempo de início de escoamento superficial apresentou valores entre 11 a 71 min (tabela 10), variando menos entre os tratamentos e mais entre os testes de chuva. Os tratamentos influenciaram o tempo de início de escoamento no teste 1, sendo que o tratamento T200 apresentou o menor tempo, seguido pelo T100, em acordo com Bertol (2005) e Peles (2007). Estes autores trabalharam com dejetos líquidos de suínos aplicado na superfície do solo em semeadura direta, e posteriormente realizaram chuva simulada com microsimulador de chuva. Os mesmos observaram que o escoamento iniciou mais cedo nos tratamentos com dejetos, devido ao efeito hidrofóbico proporcionado pelo dejetos, sendo observado este fenômeno também por Mori (2008), com o uso de dejetos líquidos de bovino. De acordo com estes autores e também com Haynes & Swift (1990), citado por Peles (2007), o efeito hidrofóbico do dejetos líquidos altera o comportamento da hidrologia de superfície do solo, diminuindo as condições adequadas para a rápida infiltração da água, devido à obstrução parcial dos macroporos, alterando a condutividade hidráulica do solo.

Tabela 10. Teor de água antecedente as chuvas em duas camadas do solo (Ta) e tempo de início do escoamento superficial (Ti), em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicados, por teste de chuva simulada (média das repetições).

Tratamento	Ta 0-0,1 m	Ta 0,1-0,2 m	Ti
	----- % -----		Minuto
.....Teste 1.....			
T200	27	26	11
T100	27	28	21
T50	27	27	32
T0	25	26	28
.....Teste 2.....			
T200	27	27	33
T100	28	28	30
T50	31	25	36
T0	26	26	28
.....Teste 3.....			
T200	27	28	13
T100	29	29	17
T50	28	27	21
T0	29	27	17
.....Teste 4.....			
T200	18	19	46
T100	20	21	61
T50	20	21	71
T0	21	20	46

Fonte: Autor.

Nos testes de chuva 2 e 3 (tabela 10), o efeito hidrofóbico do dejetos líquidos de suíno foi menos pronunciado, resultando em comportamento variado dos tratamentos sobre o tempo de início do escoamento, possivelmente pela decomposição do dejetos, pela percolação do mesmo para camadas inferiores do solo junto com a água das chuvas naturais precipitadas nos intervalos dos testes da chuva simulada, como relatado também por Bertol 2005, bem como pelo transporte ocorrido com o escoamento superficial no teste 1. No teste 4, o tempo de início do escoamento foi alto em relação aos outros testes, devido ao menor teor de água do solo, causado pela menor precipitação natural no intervalo dos testes 3 e 4 (Item 5.6). O teor de água do solo exerce grande influência sobre o tempo de início de escoamento superficial. Quanto

maior o teor de água do solo, mais rapidamente ocorrerá a sua saturação, diminuindo a taxa de infiltração, devido à sua capacidade limitada.

6. 4. PERDAS DE SOLO

As perdas de solo em função da chuva simulada são apresentadas na tabela 11, as quais variaram 2.049 vezes, com valores entre 204,9 e 0,1 kg ha⁻¹. Estes valores são considerados baixos para este tipo de solo e semelhantes aos encontrados por Peles (2007). As maiores perdas de solo ocorreram nos testes 1 e 2 e, as menores perdas, nos testes 3 e 4. Nota-se que no teste 4, as perdas de solo foram mais baixas que os demais testes de chuva, justificadas pelo baixo teor de água no solo, o qual permitiu que ocorresse maior infiltração, levando assim, mais tempo para iniciar o escoamento superficial, proporcionando menor tempo de transporte dos sedimentos. Os tratamentos não influenciaram as perdas de solo em nenhum dos testes, apesar de haver diferença de valores, mas sem diferença estatística, em parte justificado pela grande variação dos valores. As perdas totais de solo foram maiores numericamente para o tratamento T0 e menores no tratamento T50. O efeito do dejetos sobre as perdas de solo concorda com o encontrado por Dieter (2009) e Peles (2007). A justificativa para o fato das doses de dejetos líquido de suínos não terem afetado as perdas de solo, se deve em parte, ao efeito residual do manejo do solo, em que, durante três cultivos anteriores ao experimento, o solo nas parcelas experimentais foi manejado sob duas formas de semeadura e duas quantidades de resíduos mantidos sobre a superfície, conforme descrito em material e métodos (item 5.2 – tabela 1). Assim, este histórico de manejo provavelmente afetou em parte o comportamento da erosão hídrica, de maneira variada.

Tabela 11. Perdas de solo por erosão hídrica, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Total
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T200	43,8 a	53,3 a	38,8 a	10,9 a	146,8 a
T100	146,8 a	91,3 a	16,1 a	3,7 a	257,9 a
T50	34,7 a	46,1 a	54,9 a	0,1 a	135,8 a
T0	118,9 a	204,9 a	16,8 a	22,4 a	487,8 a
CV (%)	98,2	93,8	113,1	182,7	104,6

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. (Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

6. 5. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E PERDAS DE ÁGUA

A infiltração de água no solo é apresentada na tabela 12, cujos valores variaram entre 50% até 99% da chuva precipitada. Os dados, exceto para o teste 4, estão em acordo com Mello (2002) e Leite (2003), os quais trabalharam com diferentes sistemas de manejo de solo, por vários cultivos, neste mesmo tipo de solo em área próxima a realização da presente pesquisa.

Houve variação numérica de valores de infiltração de água no solo entre os tratamentos e os testes (tabela 12). O tratamento T50 apresentou a maior infiltração de água no solo, com exceção do teste 2 onde a maior infiltração ocorreu no T200. Nos testes 1 e 3, os tratamentos não afetaram a infiltração de água no solo, e os valores não diferiram estatisticamente entre si. No teste 4 ocorreu a maior infiltração de água no solo para todos os tratamentos, com valores elevados, devido à baixa precipitação natural ocorrida antes da realização da chuva simulada, como relatado no material e métodos item 5.6. Como os poros do solo estavam vazios, levou mais tempo para a saturação do solo pela água, permitindo assim, alta capacidade de infiltração. O comportamento variado da infiltração de água do solo pode ter sido afetado pelo histórico de manejo do solo (material e métodos item 5.2 – tabela 1), visto que as

direções de semeadura contorno e morro abaixo, e as doses de resíduos sobre a superfície afetam a infiltração de água no solo, conforme relatado por Barbosa (2011).

Tabela 12. Infiltração de água no solo por teste de chuva simulada e média, em função das doses de dejetos líquido de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Média
	----- % da chuva -----				
T200	79 a	86 a	57 a	97 a	80 a
T100	70 a	70 ab	55 a	94 a	72 b
T50	85 a	79 ab	65 a	99 a	82 a
T0	79 a	67 b	50 a	97 a	73 ab
CV (%)	10,6	6,8	27,5	1,9	11,8

* As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. (Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

As perdas de água pelo escoamento superficial estão apresentadas na tabela 13, as quais variaram de 0,40% a 44,7%, com magnitude de 44,3%. Os maiores valores de perda de água foram observados no teste 3 de chuva simula e os menores no teste 4. Os tratamentos T100 e T0 apresentaram as maiores perdas de água em todos os testes, mas sem diferença estatística com os demais tratamentos, exceto no teste 2, onde foram iguais ao tratamento T50. O comportamento variado das perdas de água por escoamento superficial pode ser explicado pelos dados de infiltração de água no solo, como discutido anteriormente.

Tabela 13. Perdas de água por escoamento superficial, por teste de chuva simulada e média, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Média
	----- % da chuva -----				
T200	21 a	14 b	43 a	3 a	20 a
T100	30 a	30 a	45 a	6 a	28 a
T50	15 a	21 ab	35 a	1 a	18 a
T0	21 a	33 a	50 a	3 a	27 a
CV (%)	30,9	14,9	23,8	83,9	74,7

* As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. (Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

De maneira geral, as doses do dejetos aplicado não influenciaram as perdas de água, diferentemente do que foi relatado por Silveira (2009), o qual, trabalhando com dejetos líquidos de bovinos, em doses crescentes de até 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em solo de textura arenosa sob semeadura direta, observou maiores perdas de água na menor dose do dejetos. No entanto, os dados concordam com Mori (2008), em que o aumento da dose de dejetos reduziu as perdas de água, cujo trabalho foi realizado com as mesmas características deste. Os dados concordam também com Peles (2007), o qual, em experimento realizado em solo de textura argilosa sob semeadura direta e chuva simulada, também observou que as maiores perdas de água ocorreram nos tratamentos com as maiores doses de dejetos líquidos de suínos. Contudo, Dal Bosco (2007), em estudo com dejetos líquidos de suínos aplicado em solo de textura argilosa sob semeadura direta, e submetido à chuva simulada, não observou efeito das doses, de até 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, sobre as perdas de água. Desta maneira as perdas de água podem ter um comportamento variável, em locais e solos diferentes, quando é utilizado o dejetos líquido de animais, sejam suínos ou bovinos, sendo mais influenciados pelo tipo de solo, porosidade, densidade e cobertura do solo, do que propriamente pelas doses do dejetos aplicado ao solo.

O efeito hidrofóbico do dejetos, que influenciou o tempo de início de escoamento (tabela 9), não influenciou as perdas de água (tabela 12), apesar de a enxurrada ter

iniciado antes nos tratamentos de maior dose, em parte justificado pela atuação da cobertura do solo, o qual impediu que o dejetos obstruísse boa parte dos macroporos do solo. Bertol (2005) constatou que o dejetos líquido de suínos aplicado sobre um solo de textura argilosa, e submetido à chuva simulada, proporcionou as maiores perdas de água nos tratamentos em que houve aplicação do dejetos em comparação com a testemunha sem dejetos.

6. 6. TEORES DE P e K e PERDAS TOTAIS DOS ELEMENTOS NA FORMA SOLÚVEL PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

6. 6. 1. TEORES DE P SOLÚVEL REATIVO E K SOLÚVEL NO ESCOAMENTO

Os teores de P solúvel reativo e K solúvel no escoamento superficial são apresentados por repetição e não por médias dos tratamentos, devido às diferenças nos tempos de início de escoamento superficial, o que geraram momentos diferentes de coleta, não sendo possível, desta forma, agrupar os dados por médias.

Os teores de P solúvel reativo no escoamento superficial, ao longo do tempo no teste 1 de chuva simulada, são apresentados na tabela 14. Os maiores teores foram observados no tratamento T200 e, os menores, no T0, semelhantes aos encontrados por Mori (2009). Com exceção do T200 que apresentou um pico no teor de P no tempo de 55 minutos, os demais tratamentos apresentaram valores mais ou menos estáveis durante todo o teste. De maneira geral as maiores doses de dejetos líquido de suínos proporcionaram maiores teores de P no escoamento superficial, em acordo com Bertol (2005). Nas primeiras coletas, o teor era menor e aumentou com o passar do tempo, caindo gradativamente até o final da chuva, concordando com Peles (2007). Este comportamento deve-se a aplicação do dejetos líquido de suínos sobre a superfície, que elevou o teor de P disponível, o qual foi transportado facilmente pelo escoamento superficial, juntamente com as partículas mais finas do solo, conforme relatado por Bertol et al. (2004). À medida que o escoamento superficial aumentou, este passou a transportar mais sedimentos e mais grosseiros, o que diluiu as partículas finas no

escoamento, resultando, assim, menor concentração de P disponível (solúvel) no escoamento superficial, como relatado por Mori (2009) e Peles (2007).

No teste 2 (tabela 14) e no teste 3 (tabela 15) de chuva simulada, não houve influência das doses de dejetos líquidos de suínos sobre o teor de P solúvel reativo no escoamento, com exceção das coletas feitas no início de escoamento.

No teste 4 de chuva simulada (tabela 15), houve um comportamento diferenciado em relação aos testes anteriores. Isto foi ocasionado pelo baixo teor de água no solo (tabela 9), que retardou o início de escoamento, resultando em curto tempo de escoamento superficial e com pequeno número de coletas. Desta forma, houve maior teor de P no tratamento T200 e menor no T0, no qual o escoamento iniciou somente após 46 minutos de chuva, com teores mais elevados de P, do que havia ocorrido até então.

Em todos os testes de chuva, o teor de P no escoamento superficial esteve acima do limite permitido que é de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, para causar eutrofização em águas doces da classe 1 de ambiente lântico e ambiente lótico, respectivamente (BRASIL, 2005). Bertol (2005); Peles (2007); Mori (2009) encontraram valores de teor de P no escoamento superficial acima do permitido, em acordo com o encontrado neste trabalho. Este fato aumenta a preocupação com as perdas de água em semeadura direta, pois ao atingirem os recursos hídricos, acarretarão sérios problemas ambientais.

De maneira geral, houve redução ao longo dos testes de chuva, dos valores de concentração de P, como relatado por Melo (2002), em estudo com diferentes tipos de manejo de solo, em mesmo tipo de solo da presente pesquisa. O autor constatou que houve redução da concentração de P no escoamento superficial, ao longo dos testes de chuva simulada para a semeadura direta. Este comportamento se deve ao fato da adubação com P ter sido feita unicamente no início do cultivo, e com o passar do tempo, parte do P é absorvido pelas plantas, parte é adsorvido ao solo, restando assim, menor concentração disponível, passível de ser transportada pelo escoamento superficial.

Tabela 14. Teores de P no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, nos testes 1 e 2 de chuva simulada.

Tempo	Parcela / Repetição							
	1 (R1)	8 (R2)	4 (R1)	5 (R2)	3 (R1)	6 (R2)	2 (R1)	7 (R2)
Minuto	mg L ⁻¹							
	.....Teste 1							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	1,30	1,52	0,00	1,94	0,00	0,00	0,91	0,00
25	3,68	1,84	0,00	2,81	0,00	0,00	0,76	0,00
30	1,15	1,93	1,51	2,21	0,00	0,00	1,15	0,00
35	1,42	1,78	0,22	2,31	0,98	1,03	0,83	0,00
40	1,31	1,12	1,37	1,80	0,98	1,11	1,11	0,38
45	0,88	1,42	1,51	1,97	1,00	1,04	1,12	0,46
50	0,79	1,59	1,51	1,55	1,01	1,04	1,12	0,54
55	0,97	4,00	1,57	1,63	0,88	1,04	1,14	0,74
60	1,14	1,26	1,16	1,41	1,07	1,40	1,04	0,77
65	1,07	1,26	1,08	1,66	0,84	1,81	0,80	0,61
70	0,92	1,14	1,10	2,03	1,20	0,91	0,56	0,41
75	1,60	1,25	1,11	1,30	0,77	1,24	0,83	0,43
	.....Teste 2							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,31	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,44	0,00
35	0,34	0,00	1,38	0,94	0,96	0,00	0,77	0,80
40	0,21	0,74	0,91	0,82	0,95	0,84	0,64	0,78
45	0,36	0,97	0,87	0,86	0,89	0,77	0,55	0,86
50	0,40	2,13	0,66	0,77	0,48	0,95	0,56	0,66
55	0,73	0,57	0,76	1,12	0,52	0,77	0,27	0,95
60	0,31	0,59	0,84	0,73	0,45	0,79	0,56	0,81
65	0,34	1,64	0,69	0,66	0,40	0,65	0,39	0,86
70	0,37	0,60	0,63	0,62	0,60	0,57	0,74	0,75
75	0,26	1,31	0,67	0,87	0,66	0,82	0,83	0,59

Fonte: Autor

Tabela 15. Teores de P no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, nos testes 3 e 4 de chuva simulada.

Tempo	Parcela / Repetição							
	1 (R1)	8 (R2)	4 (R1)	5 (R2)	3 (R1)	6 (R2)	2 (R1)	7 (R2)
Minuto	mg L ⁻¹							
	.....Teste 3							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1,96	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
20	0,60	0,36	0,25	1,13	3,23	0,00	0,00	0,42
25	0,31	0,57	0,35	0,25	0,24	0,26	0,14	0,57
30	0,17	0,26	0,38	0,31	0,33	0,99	0,46	0,25
35	0,22	0,21	0,29	0,45	0,28	0,47	0,26	0,32
40	0,18	0,42	0,28	0,38	0,24	0,40	0,28	0,16
45	0,22	0,52	0,30	0,23	0,36	0,47	0,49	0,37
50	0,39	0,71	0,24	0,38	0,25	0,36	0,22	0,21
55	0,18	0,23	0,20	0,54	0,30	0,31	0,19	0,40
60	0,15	0,23	0,87	0,46	0,25	0,21	0,19	0,59
65	0,23	0,21	0,17	0,39	0,27	0,35	0,18	0,18
70	0,34	0,18	0,25	0,25	0,55	0,57	0,10	0,85
75	0,17	0,24	0,32	0,08	0,20	0,26	0,17	0,29
	.....Teste 4							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
30	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
35	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
40	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00
45	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
50	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00
55	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00
60	0,07	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,13	0,00
65	1,57	0,00	2,75	0,17	0,00	0,00	0,12	0,00
70	1,79	0,20	0,35	0,33	0,00	0,00	0,14	0,19
75	0,07	0,27	0,44	0,57	0,45	0,93	0,19	0,28

Fonte: Autor

Os teores de K no escoamento superficial ao longo do tempo no teste 1 de chuva simulada, são apresentados na tabela 16, os quais são semelhantes aos encontrados por Dieter (2009). Os maiores teores foram observados nos tratamentos T200 e T100 e os menores nos T50 e T0, com alternância deste comportamento ao longo do tempo de escoamento. Os valores do teor do K no escoamento superficial não apresentaram uma tendência clara de comportamento, como relatado por Barbosa (2008). Não houve uma tendência de redução dos valores ao longo do tempo, como ocorreu com o P. Em geral, as doses de dejetos líquidos de suínos não influenciaram o teor de K no escoamento superficial, em acordo com Mori (2009) para dejetos líquidos de bovinos. A manutenção do teor de K em valores elevados ao longo do teste, mesmo para o tratamento T0, pode ser explicada pelo alto teor do elemento na camada superficial do solo (item 5.4.1, tabela 2), e pela presença do nutriente nos resíduos culturais sobre o solo.

No teste 2 de chuva simulada (tabela 16), houve maior teor de K no escoamento superficial nas primeiras coletas, porém, sem efeito dos tratamentos que se manifestaram de maneira variável. Os altos valores nas primeiras coletas de escoamento podem ser justificados pela lixiviação de K das folhas mais velhas das plantas de aveia preta, liberando potássio, como relatado por Barbosa (2008). Ao longo do tempo ocorreu a redução dos valores com tendência de estabilização para todos os tratamentos.

No teste 3 de chuva simulada (tabela 17), em geral não houve efeito dos tratamentos sobre o teor de K no escoamento superficial, com exceção das primeiras coletas no tratamento T200 que apresentam valores elevados, decaindo em seguida e mantendo a tendência de estabilização dos valores ao longo do tempo, como observado no teste 2 (tabela 14).

No teste 4 de chuva simulada (tabela 17), os valores do teor de K no escoamento superficial, foram elevados a partir do tempo de 60 minutos, porém sem efeito dos tratamentos. Este comportamento ocorreu neste mesmo teste para o P, sendo as justificativas as mesmas já relatadas que atuaram sobre o P.

Tabela 16. Teores de K no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, nos testes 1 e 2 de chuva simulada.

Tempo	Parcela / Repetição							
	1 (R1)	8 (R2)	4 (R1)	5 (R2)	3 (R1)	6 (R2)	2 (R1)	7 (R2)
Minuto	mg L ⁻¹							
	.....Teste 1							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	9,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	7,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	9,56	14,25	10,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	10,05	9,72	10,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	8,70	9,11	13,00	10,16	0,00	0,00	0,00	0,00
35	10,76	9,61	9,56	9,68	10,34	9,75	1,95	0,00
40	9,53	7,17	10,91	9,80	10,26	10,10	2,02	8,28
45	8,33	14,70	14,81	9,60	11,03	10,04	2,01	9,63
50	9,56	9,39	10,56	9,76	9,85	9,64	1,93	9,91
55	14,49	7,63	10,07	9,72	9,53	9,00	1,80	7,38
60	10,00	9,27	10,62	10,04	10,96	9,51	1,90	9,86
65	9,35	10,16	10,34	10,29	10,12	9,74	1,95	10,65
70	8,02	13,98	11,01	9,77	6,21	10,01	2,00	8,50
75	8,14	8,30	10,81	9,74	10,26	10,19	2,04	9,06
	.....Teste 2							
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	3,94	0,00	0,00	9,91	0,00	0,00	0,00	8,40
35	5,44	0,00	11,11	9,97	0,00	8,04	8,34	8,70
40	10,09	5,90	9,68	11,27	9,12	4,79	10,96	6,87
45	3,91	4,66	9,56	16,42	10,49	7,53	7,69	7,26
50	3,66	5,98	9,65	13,90	6,77	8,86	8,15	6,70
55	3,48	5,96	9,33	5,92	6,57	7,01	8,57	9,21
60	6,11	6,92	7,91	7,13	9,97	9,12	8,07	6,89
65	5,25	5,34	8,01	9,69	5,95	0,58	9,01	8,32
70	4,07	5,84	9,72	7,89	8,53	10,74	6,95	6,07
75	4,76	6,17	5,91	10,01	2,37	7,71	6,38	3,41

Fonte: Autor

Tabela 17. Teores de K no escoamento superficial por tempo de coleta, para cada parcela, nos testes 3 e 4 de chuva simulada.

Tempo	Parcela / Repetição							
	1 (R1)	8 (R2)	4 (R1)	5 (R2)	3 (R1)	6 (R2)	2 (R1)	7 (R2)
Minuto	mg L ⁻¹							
..... Teste 3								
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1,22	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,19
20	1,47	1,67	2,06	0,62	3,18	0,00	0,00	1,43
25	0,98	10,58	1,89	2,92	4,22	2,12	1,08	3,03
30	0,41	2,49	1,65	0,74	2,97	2,19	2,07	2,52
35	1,01	2,53	1,71	0,94	4,20	1,96	2,06	3,09
40	0,92	2,31	0,96	1,15	2,87	1,34	1,71	2,42
45	0,54	1,26	2,36	0,43	3,55	0,71	1,91	1,62
50	0,74	1,34	0,71	1,68	2,95	1,11	5,71	2,44
55	0,71	2,10	0,70	1,05	3,26	1,32	1,77	1,98
60	1,02	2,37	1,46	0,32	2,69	0,70	1,64	1,45
65	1,59	2,06	1,70	1,34	3,05	1,67	2,60	2,60
70	0,72	1,75	1,93	1,33	3,07	1,30	2,76	2,96
75	0,73	2,36	1,60	3,46	2,09	2,35	1,39	3,74
..... Teste 4								
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	3,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	0,00
30	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,90	0,00
35	3,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,29	0,00
40	4,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	0,00
45	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	0,00
50	3,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,46	0,00
55	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,57	0,00
60	1,50	0,00	0,00	10,15	0,00	0,00	5,67	0,00
65	1,60	0,00	11,06	9,78	0,00	0,00	5,77	0,00
70	2,54	2,30	13,87	14,45	0,00	0,00	10,35	8,91
75	3,01	9,92	11,51	13,26	0,70	11,57	6,67	11,51

Fonte: Autor

6. 6. 2. PERDAS TOTAIS DE P e K SOLÚVEIS PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

As perdas de P solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função dos tratamentos, são apresentadas na tabela 18, com valores variando entre 0,1 a 334,5 g ha⁻¹, entre os testes e tratamentos. Estes valores são semelhantes ao encontrado por Peles (2007), com aplicação de dejetos líquidos de suínos. As maiores perdas ocorreram no teste 1, com redução para os demais testes em todos os tratamentos, relacionando-se com os teores de P e com as perdas de água por escoamento superficial ao longo dos testes de chuva simulada. Nos testes 1 e 3, as maiores perdas de P foram observadas nos tratamentos T200 e T100, porém sem diferença estatística. Isto em parte é devido ao alto coeficiente de variação, e outra parte é justificado pela maior quantidade de P adicionado ao solo pelo dejetos líquidos de suínos, como relatado por Bertol (2005). No teste 2, os tratamentos T100 e T50 apresentaram maiores perdas de P do que os demais tratamentos, sendo justificado pela maior perda de água por escoamento superficial ocorrida (tabela 12), visto que os teores de P no escoamento não apresentaram grande variação (figura 5). No teste 4, houve acentuada redução das perdas de P em comparação com os demais testes, motivada pela baixa perda de água (tabela 12).

As perdas totais de P solúvel pelo escoamento superficial (tabela 18) foram maiores para o T100, seguido pelos demais tratamentos, demonstrando, desta forma, que a maior dose de dejetos não proporcionou a maior perda de P em valores absolutos, visto que os tratamentos não diferiram estatisticamente, em parte pela variação dos dados. As quantidades de P perdidas são consideradas baixas do ponto de vista agrônomo e econômico, em face da quantidade aplicada (apêndice A), mas são

consideradas muito elevadas tratando-se do ponto de vista ambiental, devido ao grande potencial poluidor que apresenta o P. As quantidades perdidas são semelhantes aos valores encontrados por Peles (2007), com aplicação de dejetos líquidos de suínos.

Tabela 18. Perdas totais de P solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Total
	----- g ha ⁻¹ -----				
T200	210,7 a	37,1 c	136,8 a	13,9 a	398,6 a
T100	334,5 a	116,4 a	161,3 a	6,1 a	618,3 a
T50	77,0 a	60,1 bc	116,5 a	0,1 a	253,8 a
T0	97,6 a	98,4 ab	110,5 a	2,6 a	309,1 a
CV (%)	58,5	19,6	37,3	155,6	39,6

*Médias seguidas pela mesma na coluna letra não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

As perdas de K solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função dos tratamentos, são apresentadas na tabela 19, com os valores entre 0,001 e 2,14 kg ha⁻¹, variando entre os testes e tratamentos. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Peles (2007), com aplicação de dejetos líquidos de suínos; e de Mori (2009), com aplicação de dejetos líquidos de bovinos. De maneira geral, as maiores perdas ocorreram no teste 1, com tendência de decréscimo para os demais testes, relacionando-se com os teores de K e com as perdas de água no escoamento superficial ao longo dos testes de chuva simulada. Os tratamentos não influenciaram as perdas de K nos testes, com exceção do teste 2, onde a maior dose de dejetos (T200) apresentou a menor perda, sem diferença estatística. Isto pode ser explicado pela grande variação dos teores de K no escoamento superficial (tabela 15). No teste 4,

ocorreu redução das perdas de K em comparação com os demais testes, motivada pela baixa perda de água por escoamento superficial ocorrida (tabela 12).

As perdas totais de K solúvel pelo escoamento superficial (tabela 19) foram maiores no T100 e seguidas pelos demais tratamentos, demonstrando, desta forma, que a maior dose não proporcionou a maior perda de K em valores absolutos, visto que os tratamentos não diferiram estatisticamente. As quantidades perdidas são consideradas baixas do ponto de vista agrônomo, em face da quantidade aplicada (apêndice A), porém, merecem atenção, devido à perda de K estar relacionada com empobrecimento do solo (SCHICK et al. 2000). As quantidades perdidas são semelhantes aos valores encontrados por Peles (2007), com aplicação de dejetos líquidos de suínos e, por Mori (2009), com aplicação de dejetos líquidos de bovinos.

Tabela 19. Perdas de K solúvel pelo escoamento superficial, por teste de chuva simulada e total, em função das doses de dejetos líquidos de suínos aplicado (média das repetições).

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Total
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T 200	1,40 a	0,32 b	0,69 a	0,04 a	2,45 a
T 100	2,14 a	1,38 a	0,43 a	0,12 a	4,07 a
T 50	0,72 a	0,62 ab	0,52 a	0,001 a	1,86 a
T 0	1,14 a	0,74 ab	0,80 a	0,09 a	2,77 a
CV (%)	42,8	30,5	63,6	118,9	32,9

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. (Duncan ao nível de 5% de probabilidade). Fonte: Autor.

7. CONCLUSÕES

1. As propriedades físicas do solo, porosidade, densidade aparente e estabilidade de agregados em água, não foram afetadas por doses de dejetos líquidos de suínos, aplicadas por uma única vez no solo.

2. Os teores de P e K do solo não foram afetados por doses de dejetos líquidos de suínos, aplicadas por uma única vez no solo.

3. As perdas totais de solo e água e as de P e K solúveis na enxurrada da erosão hídrica, não foram influenciadas por doses de dejetos líquidos de suínos, aplicadas por uma única vez no solo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. et al. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p.901-910, 2006.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2101-2111, 2008.
- ALBERTS, E. E.; MOLDENHAUER, N. C.; FOSTER, G. R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interrill-flow. **Soil Sci. Soc. of Am. J.**, Madison, v. 44, n. 3, p.590-595, 1980.
- ALVES, M. V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos de dejetos de suínos no oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008.
- ANDREOLA, F. et al. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 609-620, 2000.
- ANUÁRIO ESTADÍSTICO - SUINOCULTURA. **Embrapa Suínos e Aves - Documentos 146**. Concórdia, p. 29. 2011.
- ARRUDA, C.A.O. Atributos químicos e físicos do solo influenciados pela aplicação de dejetos suínos em lavoura sob plantio direto. Lages – SC, 2007, 48 p. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)**. Centro de Ciências Agroveterinárias /Universidade do Estado de Santa Catarina..
- ARRUDA, C. A. O. et al. Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul-ago 2010.
- ASSISTAT 7.6 beta. Assistência Estatística. Responsável Dr. Francisco de Assis Santos e Silva . DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande –PB, Brasil, Registro INPI 0004051-2. Disponível em :<http://assistat.com/indexp.html>. Acesso em 30/07/2012.
- ASSMANN, J. M. et al. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos, **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2408-2416, novembro 2009.
- ASSMANN, T.S. et al. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1515-1523, 2007.
- BARBOSA, F. T. Erosão hídrica em três formas de semeadura de aveia e ervilhaca em um cambissolo húmico: perdas de nutrientes e carbono orgânico. 2008. 75 f.

- Dissertação (**Mestrado em Manejo do Solo**) - Centro de Ciências Agroveterinárias /Universidade do Estado de Santa Catarina.
- BARBOSA, F. T. Comprimento crítico de declive relacionado à erosão hídrica, em diferentes tipos e doses de resíduo em duas direções de semeadura direta. 2011. 99 f. Tese (**Doutorado em Manejo do Solo**) - Centro de Ciências Agroveterinárias /Universidade do Estado de Santa Catarina.
- BARILLI, J. Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. 2005. 77 p. Tese (**Doutorado**). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BASSO, C. J. et al. Dejeito líquido de suínos: II perdas de nitrogênio e P por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v 35, n. 6, p. 1305-1312, nov-dez 2005.
- BADELUCCI, M. P. Infiltração de água e perdas por erosão em diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa. Porto Alegre.: 1997, 140p. Dissertação **Mestrado**. UFRGS.
- BERTOL, I. et al. Escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo em um Nitossolo Háplico típico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 243-250, 2008.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J.; BARBOSA, F.T. Perdas de P e K por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.485-494, 2004.
- BERTOL, O. J. et al. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 781-792, 2007.
- BERTOL, O.J. Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta. Curitiba, 2005. Tese (**Doutorado em Ciências Florestais**) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.355 p.
- BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, R. Alterações no teor de P no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2525-2532, 2008.
- BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução número 357. **Diário Oficial da União** de 18/03/2005. Brasília, 2005.
- CAOVILLA, F. A. et al. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigação com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 692-697, 2010.

- CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14: p. 227-234, 1990.
- CASSOL, E.A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M.P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: p. 705-712, 2002.
- CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I perdas de nitrogênio e P na solução escoada sob plantio direto. **Ciência Rural**, v 35, n. 6, p. 1296-1304, nov-dez 2005.
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. Indiana, USA, 1981, 346p. Thesis (**Ph.D. – Soil science**) Purdue University,
- CORRÊA, J. C. et al. Aplicações de Dejetos de Suínos e as Propriedades do Solo. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves. **Circular Técnica 58**, 2011. 18 p.
- COSTA, A. Retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina: avaliação e geração de funções de pedotransferência. 2012. 302 f. Tese (**Doutorado em Manejo do Solo**) - Centro de Ciências Agroveterinárias /Universidade do Estado de Santa Catarina.
- CQFS/ RS-SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo -RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p
- DAL BOSCO, T.C. Poluição difusa decorrente da aplicação de água residuária da suinocultura em solo cultivado com soja sob condições de chuva simulada. Cascavel, 2007. 128 f. Dissertação (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) –Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- DIETER, J. Poluição difusa por P devido a aplicação de água residuária da suinocultura sob condição de chuva simulada. Cascavel, 2009. 51 f. Dissertação (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) –Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- EGHBALL, B.; GILLEY, J.E. Phosphorus risk assessment index evaluation using runoff measurements. **Journal of Soil and Water Cons.** 56: p. 202-206, 2001.
- ELLISON, W. D. Soil erosion studies. Agricultural Engineering, **St. Joseph**, v. 28, p. 145-147, 197-201, 245-248, 297-300, 349-351, 402-405, 442-444, 1947.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. **Documentos, 1**. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.

- EMBRAPA- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro, 2004. 726p. **(Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 46)**
- EMBRAPA-Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006. 306p.
- ERTHAL, J.T.V.;Ferreira, P.A.; Pereira, O.G.;de Matos, A.T.Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.5, p.458–466, 2010.
- FANCELLI, A.L. Manejo do Solo em Plantio Direto. In: **Grupo Plantio Direto**. Guia para plantio direto. Ponta Grossa: Centralgraph, 2000. p.16-29.
- FATMA - Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Instrução Normativa 11**. Suinocultura. [2000]. Disponível em: http://www.fatma.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=83>. Acesso em: 10/11/2011.
- FAVARETTO, N. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition. Indiana, 2002. Tese (**Doutorado em solos e ciências ambientais**) – Universidade de Purdue.
- FOSTER, G. R.; MEYER, L. D. Transport of soil particles by shallow flow. Trans. of the **ASAE, St. Joseph**, v. 15, p. 99-102, 1972.
- FOSTER, G.R. Modelling the erosion process. In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.D.; BRAKENSIEK, D.L., eds. Hidrologic modelling of small watersheds. **St. Joseph, ASAE**, p. 297-380, 1982.
- GATIBONI, L. C. et al. Formas de P no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1753-1761, 2008.
- GLEBER, L. et al. P reativo: Arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. **Revista brasileira e engenharia agrícola ambiental**, CAMPINA GRANDE- PB, v. 16, n. n1, 2012.
- IAPAR -INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ . Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação de solo no Brasil. In: 1º Encontro nacional sobre pesquisa de erosão com simuladores de chuva, 7-11 de junho de1975, Londrina. **Anais**. Londrina, 1975. p. 107-120.
- ICEPA. Exportações Catarinenses. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola - Epagri/Cepa. 2011. Disponível em:<http://cepa.epagri.sc.gov.br/> Acesso 10/11/2012.

- INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA 2012. Rede de dados do Inemt – Estação de Lages -SC. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 13/11/2012.
- KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**. Part 1, Madison: American Society of Agronomy, p. 499-510, 1965.
- LAFLEN, J.M.; TABTABAI, M.A. Nitrogen and phosphorus losses from corn- soybean rotations as affected by tillage practices. **Transactions of the ASAE**, 32: p.58-63, 1984.
- LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C. & RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 1033-1044, 2004.
- LEVIEN, R.; COGO, N.P.; ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14: p. 73-80, 1990.
- LOPES, A.S. Manual internacional da fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**, 1998. 177p.
- MATOS, A. T.; Pinto, A. B.; Pereira, O. G.; Soares, A. A.; Barros, F. M. Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Ceres**, v.53, n.303, p.675-688, 2005.
- MEYER, L. D.; FOSTER, G. R. & NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. **Transactions of American Society of Agricultural Engineers**, 18:905-911, 1975.
- MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.C.; FOSTER, G.R. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, 34: p. 928-931, 1970.
- MORI, H. F. Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejetos líquidos de bovinos e chuva simulada. Curitiba, 2008. Dissertação (**Mestrado em Ciência do Solo**) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MUELLER, D.H.; WENDT, R.C.; DANIEL, T.C. Phosphorus losses as affected by tillage and manure application. **Soil Sci. Soc. of Am. J.**, 48: p. 901-905, 1984.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta**, 26:31-36, 1962.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: O Plantio Direto no Estado do Paraná. IAPAR, **Circular no. 23**, Agosto, 1981
- ONSTAD, C. A. Depressional storage on tilled soil surfaces. **Transactions of the ASAE**, 27: p. 729-732, 1984.

- OLIVEIRA, P.A.V. Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos: Manejo da água Influência no volume de dejetos produzidos. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, p.29-33, 1995.
- PANDOLFO, C. M.; CERETTA, C. A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1572 - 1580, setembro 2008.
- PARANÁ. Plantio Direto no Estado do Paraná. Londrina: **IAPAR**, p.43-57, 1981.
- PELES, D. Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos. Curitiba, 2007. Dissertação (**Mestrado em Ciência do Solo**) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. **9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura**, Gramado, RS, p. 8-24, 2001.
- PIERSON, S.T.; CABRERA, M.; LEVANYLO; G.K.; KUYKENDALL, H.A.C.; HOVELAND, S.; MCCANN, M.A.; WEST, L. T. Phosphorus and ammonium concentrations in surface runoff from grasslands fertilized with broiler litter. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.1784-1789, 2001.
- PRADO, R. M.; Romualdo, L. M.; Vale, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de P sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.4, p.527-533, 2006.
- QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, set-out 2004.
- RAUBER, L.P. Atributos físicos, químicos e frações granulométricas da matéria orgânica de um solo em sistemas de uso com fertilizantes orgânicos. Lages – SC, 2011, 65 p. Dissertação (**Mestrado em Manejo do Solo**). Centro de Ciências Agroveterinárias /UDESC.
- SANTI, A.; Amado, T. J. C.; Costa, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1075-1083, 2003
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 123-131, 2007.
- SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II perda de Nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 437-447, 2000.

- SCHULTZ, L.A. Manual do plantio direto – Técnicas e perspectivas. 2ed. Porto Alegre: **Sagra**, 1987. 124p.
- SEGANFREDO, M.A. Efeito de dejetos líquidos de suínos sobre algumas características físicas do solo. In: **REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**, 2., 1998, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998.
- SHARPLEY, A.N.; CHAPRA, S.C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J.T.; DANIEL, T.C.; REDDY, K.R. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **Journal of Environmental Quality**, v.23, p.437-451, 1994.
- SHARPLEY, A.N.; MCDOWELL R.W.; KLEINMAN, P.T.A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. **Plant and Soil**, 237: p. 287-307, 2001.
- SHARPLEY, A.N.; MENZEL R.G.; SMITH, S.J.; RHOADES, E.D.; OLNES, A.E. The sorption of soluble phosphorus by soil material during transport in runoff from cropped and grassed watersheds. **Journal of Environmental Quality**, 10: p. 211-215, 1981.
- SHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 427-436, 2000.
- SILVEIRA, F.M. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos bovinos em latossolo de textura franco argilo arenoso sob plantio direto e chuva natural. Curitiba, 2009. 89 f. Dissertação (**Mestrado em Ciência do Solo**) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- SILVA, M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006.
- SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009
- SOUZA, L.da S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:367-372,1997.
- SWANSON, N.P. Suggestions for the use of the rotatying-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation. Paraná, FAO, University of Nebraska, 1975. 58p. (**Relatório de consultoria**).
- TEDESCO, M.J.; IANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. **In Conservation Tillage, the proceedings of a National Conference. Soil Cons. Soc. Am.**, Ankeny: Iowa, 1973, 9p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (**Agricultural Handbook, 537**).

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Trans. Am. Geophys. Un.**, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

9 Apêndices

Apêndice A - Quantidade de P e K aplicado via dejetos líquidos de suínos por tratamento

Tratamento	P e K	
	P	K
	.....kg ha ⁻¹	
T200	30,8	23,2
T100	15,4	11,6
T50	7,7	5,8
T0	0,0	0,0

Fonte: Autor

Apêndice B - Produção de massa seca e teores de P e K, na massa seca da parte aérea da aveia preta por parcela, após a aplicação do dejetos líquidos de suínos.

Parcela	Massa seca (Mg ha ⁻¹)	Teores (g kg ⁻¹)	
		P	K
1 (T200)	5,87	0,78	27,53
8 (T200)	6,65	0,74	24,17
4 (T100)	8,50	0,70	29,05
5 (T100)	6,65	0,80	20,70
3 (T50)	8,63	0,79	22,15
6 (T50)	8,43	0,57	21,61
7 (T0)	8,41	0,65	19,19
2 (T0)	6,37	0,66	20,89

Fonte: Autor

Apêndice C - Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds), diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (DMP) e teores de P e K, em quatro camadas do solo por parcela, após a aplicação do dejetos líquido de suínos.

Parcela	Porosidade			Ds	DMP	P	K
	Ma	Mi	Pt				
	.....%.....			g cm ⁻³	mm	.... mg dm ⁻³	
.....0-2,5 cm.....							
1 (T200)	19,5	30,2	49,6	1,40	5,5	12,2	100
8 (T200)	25,1	33,9	59,0	1,14	5,1	1,2	220
4 (T100)	22,8	30,0	52,8	1,32	5,9	8,9	318
5 (T100)	23,5	37,0	60,6	1,10	5,3	20,3	374
3 (T50)	18,1	30,2	48,3	1,44	4,1	9,2	22
6 (T50)	24,2	31,6	55,7	1,23	4,0	9,6	307
7 (T0)	18,8	28,6	47,3	1,47	5,1	7,8	176
2 (T0)	24,4	33,0	57,4	1,19	4,2	14,4	102
.....2,5-7,5 cm.....							
1 (T200)	35,9	28,6	64,5	0,98	4,6	4,3	242
8 (T200)	32,7	31,6	64,3	0,99	5,4	4,1	308
4 (T100)	31,0	29,5	60,5	1,10	4,2	3,4	100
5 (T100)	41,8	20,7	62,5	1,04	4,9	5,9	99
3 (T50)	33,5	29,3	62,8	1,02	3,5	12,9	101
6 (T50)	31,0	31,0	62,1	1,06	4,9	3,4	100
7 (T0)	31,8	27,9	59,7	1,11	5,5	9,4	99
2 (T0)	31,8	31,5	63,3	1,02	5,4	3,0	66
.....7,5-12,5 cm.....							
1 (T200)	19,2	28,3	47,5	1,46	6,1	2,5	100
8 (T200)	20,1	31,6	51,7	1,35	5,5	2,2	263
4 (T100)	17,7	28,9	46,6	1,49	4,5	2,8	286
5 (T100)	19,2	31,9	51,0	1,36	4,5	2,7	99
3 (T50)	18,2	29,5	47,7	1,46	5,7	7,7	101
6 (T50)	17,7	29,1	46,8	1,48	4,4	2,2	99
7 (T0)	20,7	27,9	48,7	1,43	3,7	3,2	90
2 (T0)	18,9	28,0	46,9	1,48	5,6	2,7	395
.....12,5-20,0 cm.....							
1 (T200)	15,5	28,7	44,3	1,55	4,9	1,1	40
8 (T200)	18,2	28,5	46,8	1,48	5,5	0,4	318
4 (T100)	18,1	29,8	47,9	1,45	5,6	2,7	242
5 (T100)	19,5	30,3	49,8	1,40	5,6	1,8	132
3 (T50)	18,1	30,5	48,6	1,43	5,0	1,8	252
6 (T50)	17,7	31,2	48,9	1,42	3,6	1,1	31
7 (T0)	18,9	28,3	47,2	1,47	3,9	2,0	56
2 (T0)	18,0	30,0	48,0	1,45	5,1	2,0	98

Fonte: Autor.

Apêndice D -. Teor de água no solo antecedente a chuva simulada (Ta), tempo de início do escoamento superficial (Ti), perdas de solo (PS), perdas de água (PA) e infiltração de água no solo (Ia), por parcela e teste de chuva simulada.

Parcela	Ta		Ti (minuto)	PS (kg ha ⁻¹)	PA (%)	Ia (%)
	0-0,1 m (%)	0,1-0,2 m (%)				
.....Teste 1.....						
1 (T200)	28,4	25,7	7	40,1	18,7	81,3
8 (T200)	25,9	26,2	16	47,6	23,3	76,7
4 (T100)	27,2	28,0	26	43,0	25,5	74,5
5 (T100)	26,3	27,4	16	250,7	42,6	57,4
3 (T50)	26,4	27,2	31	44,2	17,6	82,4
6 (T50)	27,2	27,5	34	25,3	13,1	86,9
7 (T0)	27,0	27,7	18	60,6	26,4	73,6
2 (T0)	22,6	24,7	38	177,4	17,4	82,6
.....Teste 2.....						
1 (T200)	26,9	26,0	28	81,8	15,1	84,9
8 (T200)	27,0	26,9	38	24,8	12,2	87,8
4 (T100)	28,0	28,4	34	39,7	28,4	71,6
5 (T100)	28,5	28,4	26	142,9	32,7	67,3
3 (T50)	27,6	27,3	34	56,7	24,6	75,4
6 (T50)	34,2	23,5	38	35,5	17,0	83,0
7 (T0)	26,0	27,0	31	88,1	32,3	67,7
2 (T0)	25,5	25,7	26	321,8	32,9	67,1
.....Teste 3.....						
1 (T200)	26,1	26,9	14	38,9	33,3	66,7
8 (T200)	28,9	28,5	12	20,1	53,3	46,7
4 (T100)	27,6	28,4	19	16,1	37,2	62,8
5 (T100)	30,0	28,8	15	35,6	53,1	46,9
3 (T50)	26,3	25,5	19	55,0	35,4	64,6
6 (T50)	30,2	27,9	23	13,8	34,7	65,3
7 (T0)	30,5	27,9	13	16,8	60,5	39,5
2 (T0)	26,8	26,7	21	143,5	40,0	60,1
.....Teste 4.....						
1 (T200)	16,9	18,4	24	21,7	4,8	95,2
8 (T200)	18,9	20,1	68	0,2	0,5	99,5
4 (T100)	21,4	22,5	64	2,3	4,6	95,4
5 (T100)	18,9	20,1	58	5,2	6,9	93,1
3 (T50)	19,9	20,6	71	0,2	1,0	99,0
6 (T50)	20,7	21,6	71	0,0	0,1	99,9
7 (T0)	19,3	18,9	68	1,0	0,5	99,5
2 (T0)	21,7	20,6	24	43,9	5,6	94,4

Fonte: Autor

10 ANEXOS

Anexo A - Declividade por parcela e tratamento aplicado.

Parcela	Tratamento (m ³ ha ⁻¹)	Declividade (m m ⁻¹)
P1	200	0,141
P2	0	0,141
P3	50	0,150
P4	100	0,148
P5	100	0,151
P6	50	0,151
P7	0	0,135
P8	200	0,135
Média	-	0,144

Fonte: Adaptado de BARBOSA 2011.

Anexo B - Normal climática de 1961 até 2010 e precipitação registrada em 2012 para os meses de março até setembro, na cidade de Lages -SC.

Mês	Normal Climatológica (1961-2010)	Ano 2012
	.....mm.....	
Março	136	56
Abril	83	85
Maio	78	29
Junho	101	149
Julho	127	154
Agosto	133	21
Setembro	142	112

Fonte: Adaptado de "Dados da Rede do INMET - Estação Lages - SC" (2012)

Anexo C - Interpretação dos teores de P e K no solo.

Interpretação	P Mehlich-I				P- resina em lâmina	K Mehlich-I		
	Classe textural do solo (1)					CTC pH 7,0 cmolc/dm ³		
	1	2	3	4		> 15,0	5,1 – 15,0	≤ 5,0
	----- mg P/dm ³ -----					----- mg K/dm ³ -----		
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0	≤ 5,0	≤ 30	≤ 20	≤ 15
Baixo	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0	7,1-14,0	5,1-10,0	31-60	21-40	16-30
Médio	4,1-6,0	6,1-9,0	8,1-12,0	14,1-21,0	10,1-20,0	61-90	41-60	31-45
Alto	6,1-12,0	9,1-18,0	12,1-24,0	21,1-42,0	20,1-40,0	91-180	61-120	46-90
Muito alto	>12,0	>18,0	>24,0	>42,0	>40,0	>180	>120	> 90

(1) Teor de argila: classe 1: >60%; classe 2: 60-41%; classe 3: 40-21%; classe 4: ≤ 20%.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo -RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p