

MAICON FONTANIVE

**EROSÃO HÍDRICA EM SOLO CULTIVADO COM APLICAÇÃO DE DEJETO
LÍQUIDO DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Dr. Ildegardis Bertol

LAGES

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo (a) autor (a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC**

Fontanive, Maicon
Erosão hídrica em solo cultivado com aplicação
de dejeto líquido de suínos / Maicon Fontanive. -
Lages , 2016.
58 p.

Orientador: Ildegardis Bertol
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,
Lages, 2017.

1. Perdas de solo e água. 2. Perdas de
nutrientes. 3. Escoamento superficial. 4. Dejeto
líquido de suínos

I.Bertol, Ildegardis. II. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Mestrado em Ciência do Solo. III.
Título.

MAICON FONTANIVE

**EROSÃO HÍDRICA EM SOLO CULTIVADO COM APLICAÇÃO
DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Banca Examinadora

Orientador/Presidente:

Dr. Ildegardis Bertol
(UDESC-Lages-SC)

Membro externo:

Dr. Sidinei Leandro Klocker Stumer
(IFC-Rio do Sul-SC)

Membro interno:

Dr. David José Miquelluti
(UDESC-Lages-SC)

Lages, SC, 30/07/2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Ildegardis Bertol pela orientação, não somente no trabalho desenvolvido mais pelo educador que é, tendo-o como exemplo de princípios. Assim, agradeço a amizade, a dedicação e a experiência compartilhada, além de principalmente o incentivo e o entendimento das atividades inerentes ao estudo desde o ingresso no programa de mestrado.

A minha família, avós, irmãos, em especial aos pais, Neide e Helio Fontanive, pela batalha enfrentada enquanto trabalhadores do campo, possibilitando a abertura da minha vida através dos estudos.

Aos meus coexistentes, minha companheira incondicional Greice Fontanive, pelo apoio, incentivo e ajuda em todos os momentos e situações que sempre passamos juntos, aos meus filhos Carlos e Pedro que me estimulam a ser sempre melhor como profissional e como pessoa; ao mesmo tempo desculpo-me pelas ausências e momentos despendidos por vocês que possibilitaram meus estudos.

A todos os meus amigos que compartilhamos o trabalho, tanto no campus do IFC de Rio do Sul, como no mais recente campus de Abelardo Luz, que sempre estiveram a disposição para contribuir em todas as etapas deste trabalho. Em especial aos professores Sidinei, Solange, Gláucia e Rejane, aos meus amigos que compartilhamos os estudos, aos colegas do laboratório de Uso e conservação do Solo, em especial, Neuro Wolschick e Barbara Bagio, pelos ensinamentos e fundamental contribuição nas atividades de laboratório do trabalho; a todos os alunos e servidores terceirizados do campus de Rio do Sul que contribuíram em diversas etapas, desde a instalação do experimento até a coleta de dados de chuva e análises de laboratório.

Ao Instituto Federal Catarinense que possibilitou espaço e parte da estrutura para implantação do experimento, também pelo programa de servidor estudante com a adequação da jornada de trabalho, possibilitando conciliar estudo e trabalho.

À UDESC, especialmente ao CAV e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela formação científica. Aos professores do Departamento de Solos pelos ensinamentos transmitidos. Ao CNPQ e FAPESC pelos recursos financeiros que foram fundamentais para aquisição de parte da estrutura do experimento.

RESUMO

FONTANIVE, Maicon. Erosão hídrica em solo cultivado com aplicação de dejeto líquido de suínos. 2016. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, SC, 2016.

A erosão hídrica é a principal causa de degradação do solo agrícola e do ambiente no entorno dos sistemas de produção, fortemente influenciada pelo manejo do solo que, por sua, vez, é influenciando pelas adubações, dentro outros fatores. A maior parte dos sistemas de produção de suínos no sul do Brasil propicia produção de dejeto em alta quantidade. O dejeto gera problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental causada pela erosão hídrica devido ao descarte do produto de forma de adubação, de maneira inadequada. Com o experimento objetivou-se estudar o efeito de dejeto líquido de suínos (DLS) em atributos de um Cambissolo Háplico, na produção de massa vegetal da parte aérea das plantas (MS) e na erosão hídrica em solo cultivado, e comparar os resultados com os obtidos em condição de solo sem cultivo e sem dejeto, em Rio do Sul - SC. Os tratamentos foram constituídos em testemunha (sem cultivo e sem dejeto) e pelas doses 0 (zero), 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ de DLS aplicado na superfície do solo em três momentos após a implantação das culturas de milheto, aveia preta e crotalária, em parcelas de 15 x 2,0 m delimitadas por chapas galvanizadas, com declividade média de 23,3%. Ao longo da pesquisa foram determinadas as perdas de água e solo por erosão e coletadas amostras de enxurrada resultantes de chuvas erosivas para, nelas, determinar as perdas de alguns nutrientes. Antes da instalação do experimento e após o final da pesquisa, amostras de solo foram coletadas para avaliar as propriedades físicas e químicas e, ao final de cada cultivo, determinou-se ainda a produção de MS das plantas cultivadas no experimento. Identificou-se que o DLS aumentou a MS com o aumento da dose de dejeto, devido à melhoria da porosidade e, em parte, dos teores de cálcio, fósforo e potássio, em especial na superfície do solo. Com isso diminuiu a erosão hídrica ao final de três ciclos de cultivo. Em relação à erosão, as perdas de solo (PS) foram mais influenciadas do que as perdas de água (PA); os teores de Ca, Mg, P e K na água de escoamento superficial foram maiores nos tratamentos com as maiores doses de DLS do que naqueles das menores doses. As perdas totais de nutrientes na enxurrada, no entanto, foram maiores apenas na dose 200 m³ ha⁻¹ de dejeto do que nas demais.

Palavras-chave: Perdas de solo e água. Perdas de nutrientes. Escoamento superficial. Dejeto líquido de suínos.

ABSTRACT

FONTANIVE, Maicon. Water erosion in cultivated soil with pig slurry application. 2016. 58f. Dissertation (Master's degree in Soil Science) - University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, SC, 2016.

Many of the existing swine production systems in southern Brazil, provide high production of pig slurry. This situation leads to management problems, storage, distribution and environmental pollution caused by the improperly disposal of this waste product. The objective of this work was to determine the effect of application of dose increase of pig slurry on physical and chemical attributes of a Cambisol, in the production of plant biomass and water erosion, under three crops and compare the results with those obtained in soil condition uncultivated and without waste, in Rio do Sul - SC. The treatments were the control (no tillage and zero dose) and the doses 0 (zero), 50, 100 and 200 m³ ha⁻¹ of pig slurry applied on the soil surface. The application was performed in three stages after the implementation of millet, oat and sunn hemp in plots of 15 x 2.0 m, bounded by galvanized sheet, with an average gradient of 23.3%. The samples of erosive rainfall were collected to quantify the soil loss, water and nutrients. Before and after the experiment, soil samples were collected to evaluate the physical and chemical properties. At the end of each cultivation, dry matter production of shoot was determined. The increase of pig slurry doses increased production of biomass in the cultivated area, due to the improved porosity and, in part, of calcium, phosphorus and potassium, especially in the soil surface. Therefore, the water erosion reduces, after three cycles of cultivation. Soil losses were more influenced than the loss of water. The Ca, Mg, P and K contents in runoff water are the largest in treatments with higher doses of pig slurry. In the 200-m³ h⁻¹ of pig slurry dose, the total nutrients losses in runoff are greatest.

Keywords: Soil and water losses. Losses of nutrients runoff. Liquid Manure Porcine.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos realizados na área experimental de Rio do Sul, SC.	35
Tabela 2 - Valores de porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e densidade (Ds) do solo, determinados antes e após a aplicação dos tratamentos, em cinco camadas do solo.	39
Tabela 3 - Valores de pH, Carbono Orgânico (CO), Potássio (K) e Fósforo (P) do solo, determinados antes e após a aplicação dos tratamentos, em cinco camadas do solo. ..	41
Tabela 4 - Massa seca da parte aérea produzida pelas culturas de milheto, aveia e crotalária, em um único cultivo de cada espécie em função das doses de DLS aplicadas.	43
Tabela 5 - Perdas de água por escoamento superficial (PA) e altura de chuva (AC), em cada cultivo, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo	44
Tabela 6 - Perdas de solo por erosão hídrica (PS) e altura de chuva (AC), em cada cultivo, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo	46
Tabela 7 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo do milheto, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo.	48
Tabela 8 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo da aveia, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo	49
Tabela 9 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo da crotalária, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo.....	49
Tabela 10 - Perdas totais de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, incluindo o somatório dos cultivos de milheto, aveia e crotalária, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Perfil das declividades e declividade média das parcelas	31
Figura 2 - Chapas divisórias e calha coletora de enxurrada.	32
Figura 3 - Parcela, com dimensão de 30 m ² , e o conjunto das parcelas com tanques coletores de enxurrada.....	33
Figura 4 - Produção total de matéria seca (MS) da parte aérea (Mg há-1) durante os três cultivos (somados a produção de milheto, aveia e crotalária)	42
Figura 5 - Perdas de água totais (m ³ ha-1) somados os três cultivos somados a produção de milheto, aveia e crotalária.....	45
Figura 6 - Perdas totais de solo (m ³ ha-1) durante os cultivos de milheto, aveia e crotalária ...	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 EROSÃO DO SOLO	20
2.1.1 Erosão hídrica pluvial do solo	21
2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo.....	22
2.1.2.1 <i>Influência da cobertura e manejo do solo na erosão hídrica pluvial</i>	23
2.1.2.2 <i>Influência da adubação orgânica com dejeto líquido de suínos (DLS) no solo.....</i>	24
2.1.2.2.1 Influência nos atributos do solo.....	24
2.1.2.2.2 Influência na produção vegetal.....	25
2.1.2.2.3. Influência na erosão hídrica pluvial do solo	26
4 OBJETIVO GERAL	29
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
5 MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO	30
5.2 FASE DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	31
5.3 UNIDADE EXPERIMENTAL	32
5.4 CULTIVOS	33
5.5 DEJETO LÍQUIDO SUÍNO (DLS)	34
5.6 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	34
5.7 QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO	35
5.8 CARACTERIZAÇÕES E DETERMINAÇÕES	36
5.8.1 No solo.....	37
5.8.2 Na água de escoamento	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1 ATRIBUTOS DO SOLO	37
6.1.1 Atributos físicos	37
6.1.2 Atributos químicos	40
6.2 MASSA SECA DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS	41
6.3. EROSÃO HÍDRICA DO SOLO	43
6.3.1 Perdas de água	43
6.3.2 Perdas de Solo	45
6.3.3 Perdas de nutrientes pela água de escoamento superficial	47

6.3.3.1 <i>Teor dos nutrientes na água da enxurrada</i>	47
6.3.3.2 <i>Perdas totais dos nutrientes na água da enxurrada</i>	50
7 CONCLUSÕES	51
8 RECOMENDAÇÕES	52
9 REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é o principal fator de degradação do solo, pois o empobrece no local de origem da erosão e contamina o ambiente fora deste local, principalmente os recursos hídricos. Dentre os impactos negativos da erosão hídrica destaca-se o empobrecimento químico do solo que reduz a produtividade da maioria das culturas, com consequente aumento nos custos de produção. Além disso, a degradação física do solo, o assoreamento dos corpos hídricos, a eutrofização e a deterioração dos ecossistemas aquáticos são formas de degradação ambiental. O principal fator que influencia o processo erosivo é o manejo do solo que compreende um conjunto de operações destinadas à produção de algum cultivo. Uma dessas operações é adubação que pode ser realizada na forma química ou orgânica e, nesta última, a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) tem sido comum nas regiões suinícias do sul do Brasil.

O sistema criatório de suínos confinados concentra a produção de dejetos, os quais, depois de armazenados em lagoas, são utilizados como fertilizantes nas lavouras e, quase sempre, aplicados na forma de DLS sobre a superfície do solo. Por ocasião de ocorrência de chuvas logo após as aplicações, esses dejetos são carreados para fora das lavouras e, muitas vezes, atingem os corpos d'água superficiais.

Pesquisas têm mostrado o efeito do DLS nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, na infiltração de água no solo e na lixiviação de alguns nutrientes no perfil do solo. Porém, poucos estudos foram realizados para estudar a influência do DLS sobre as perdas de solo, água, e nutrientes por erosão hídrica em condição de campo. Desta forma, conhecer o comportamento dos atributos químicos e físicos do solo, e relacioná-los com as perdas de água, solo e nutrientes é fundamental para proporcionar argumentos técnicos que baseiem e formulem as recomendações de uso, manejo e conservação do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EROSÃO DO SOLO

O processo de erosão é tão antigo quanto a própria terra, e ocorre pelo desgaste da superfície terrestre através do desprendimento e transporte das partículas do solo por agentes, tais como a água das chuvas (hídrica), ventos (eólica), gelo (mudanças de temperatura), ou outro agente geológico, incluindo processos como o arraste gravitacional (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; HIGGITT, 1991).

Existem duas formas de erosão, a erosão geológica e a acelerada. A erosão geológica é oriunda de fenômenos naturais que agem continuamente na crosta terrestre, atuando como agente benéfico para a formação do próprio solo, sendo um processo construtivo, não influenciado pelo homem, onde as taxas de formação superam as taxas de remoção do solo. A erosão acelerada é provocada pelo homem, por meio da inserção de práticas que destroem o equilíbrio das condições naturais, onde as taxas de remoção superam as taxas de formação do solo. Essa erosão se constitui em fenômeno de grande importância pelo fato de acarrear grandes prejuízos não só para a exploração agropecuária, mas também para as diversas atividades econômicas e do próprio ambiente.

A erosão pode ser classificada, quanto ao agente causador, como eólica ou hídrica. No primeiro tipo, o agente responsável pelo desprendimento e transporte das partículas do solo é o vento e, no segundo, a água. Segundo Hudson (1985), a erosão hídrica é a mais importante em todo o mundo, pois além de manter as partículas de solo em suspensão, causa também o escoamento superficial e transporta nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas. Esses produtos, além de acarretarem o empobrecimento gradativo dos solos agrícolas, geram também o assoreamento e a poluição dos mananciais. A contaminação dos mananciais é ocasionada pelo escoamento superficial que transporta nutrientes solúveis, alguns em altas concentrações, podendo provocar a eutrofização das águas onde se depositam (SCHICK et al., 2000; BERTOL et al., 2003; GUADAGNIN et al., 2005).

A erosão hídrica tem sido uma das principais causas de redução da produtividade das terras agrícolas, podendo, inclusive, resultar no abandono de áreas anteriormente produtivas. Além disso, acarreta a elevação do custo de produção, uma vez que aumenta a necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, e reduz a capacidade operacional das máquinas agrícolas (PARANÁ, 1989; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; PARKER et al., 1995).

2.1.1 Erosão hídrica pluvial do solo

A erosão hídrica pluvial é causada pela incidência da chuva, com a ação da água das gotas e do escoamento superficial sobre o solo. Do volume total precipitado, parte é interceptada pela vegetação, e parte atinge a superfície do solo, provocando o umedecimento do solo e reduzindo sua resistência à erosão (HUDSON, 1985). A quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, velocidade e com o tamanho das gotas de chuva. Tal processo mecânico requer energia, a qual é proporcionada pelo impacto das gotas e pela força cisalhante do escoamento superficial (WISCHMEIER e SMITH, 1958). Conforme descrito por Ellison (1947), a erosão hídrica pluvial pode ser dividida nas seguintes fases: desagregação, transporte e deposição, as quais, muitas vezes, não são distintas uma das outras porque podem ocorrer concomitantemente.

A desagregação, primeira fase do processo erosivo, consiste no desprendimento das partículas de solo (individual ou agregado) a partir do umedecimento dos agregados, reduzindo as forças coesivas que os prendem (ELLISON, 1947). Ocorre principalmente devido a energia cinética do impacto da gota de chuva, e, em menor grau, ao escoamento superficial, inicia quando a energia exceder a resistência do solo a erosão. Em áreas com atividades agrícolas onde o solo está com pouca cobertura vegetal, a maior parte da desagregação ocorre pelo impacto das gotas das chuvas, sendo que a quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, a velocidade e com o tamanho das gotas. Além da precipitação, outra forma de desprendimento das partículas está associada ao escoamento superficial decorrente do agente cisalhante correspondente ao próprio escoamento superficial. O transporte das partículas desagregadas, segunda fase do processo erosivo, consiste na transferência das partículas de solo desagregadas de seu local de origem para outro, através do salpicamento provocado pelo impacto das gotas de chuva e principalmente pelo escoamento superficial (ELLISON, 1947; FOSTER e MEYER, 1972; MEYER et al., 1975). A deposição, última fase do processo erosivo, ocorre quando a quantidade de material transportado excede a capacidade de transporte do fluxo, quando esta capacidade é reduzida ou quando a chuva cessa (ELLISON, 1947).

As fases da erosão hídrica (desagregação, transporte e deposição) podem ocorrer em áreas em sulcos ou entre sulcos (ELLISON, 1947; MEYER et al., 1975). A erosão entre sulcos é independente da erosão em sulcos, mas a erosão em sulcos depende muito das entradas de sedimentos das áreas entre sulcos. Se a entrada de sedimentos a partir das áreas entre sulcos excede a capacidade de transporte do fluxo em sulcos, a deposição acontece. No

entanto, se a entrada de sedimentos é menor do que a capacidade de transporte do fluxo em sulcos, e se a força erosiva do fluxo ultrapassar a resistência do solo em sulcos ao processo de desagregação, a erosão em sulcos acontece (FOSTER, 1982).

2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo.

A chuva é o agente responsável pela ocorrência da erosão hídrica pluvial, tanto pelo impacto direto das gotas sobre a superfície do solo quanto pela sua capacidade de produzir escoamento superficial. A erosão causada pela chuva tem sido usualmente expressa como uma função exponencial da intensidade de precipitação (MEYER e WISCHMEIER, 1969; MEYER, 1981; PARK et al., 1983; GOFF et al., 1994). Chuvas de alta intensidade, comuns nas regiões tropicais e subtropicais, têm um efeito muito mais prejudicial do que as chuvas de baixa intensidade, comuns nas regiões de clima temperado, especialmente em solo descoberto. Nessa condição, em regiões semiáridas, as grandes erosões muitas vezes ocorrem porque a chuva, embora de baixa quantidade, ocorre com intensidade muito alta. Por outro lado, em latitudes de clima temperado, embora com chuvas menos intensas, mas de grande volume, em encostas íngremes e solos vulneráveis, também podem sofrer processos erosivos muito graves (HUDSON, 1995). Além da intensidade e do volume, a duração e frequência das chuvas, bem como o volume e velocidade do escoamento superficial também afetam a erosão hídrica do solo.

Além da importância da chuva na erosão hídrica, os demais fatores que a influenciam são também de suma importância, especialmente o cultivo e manejo do solo que, numa análise de condições locais, deve ser utilizado na programação das medidas destinadas ao controle da erosão e à conservação do solo. Dentre os demais fatores, destaca-se a declividade do terreno e o comprimento do declive, a capacidade de infiltração da água no solo e a sua resistência natural à ação erosiva da água, e as práticas conservacionistas (WISCHMEIER e SMITH, 1978; FOSTER, 1982).

As condições físicas abaixo da superfície do solo também são importantes, pois elas influenciam o movimento de água, calor e gases no seu interior e, decorrente disso, o escoamento superficial, a germinação das sementes, o crescimento inicial das raízes e o desenvolvimento posterior das plantas. As mais importantes delas são as que determinam a qualidade estrutural do solo, principalmente a agregação e estabilidade dos agregados e a porosidade que, por sua vez, influencia a infiltração e subsequentemente o escoamento por baixo da superfície (VOLK et al., 2004).

Outro fator a ser destacado nesse contexto está relacionado à lixiviação de nutrientes no solo. A concentração de determinado nutriente no escoamento varia principalmente com sua concentração no solo, que é influenciada pelo tipo de solo, pelas adubações (minerais ou orgânicas) e pelo tipo de manejo empregado. A quantidade total do nutriente transportado pela erosão hídrica, no entanto, depende da sua concentração no material erodido e do volume total desse material perdido pela erosão (SCHICK et al., 2000; BERTOL et al., 2003; GUADAGNIN et al., 2005). Tais processos de perda, além de superficiais, podem ocorrer por baixo da superfície através da drenagem da água, pois, de acordo com Tucci e Clarke (1997), os processos hidrológicos possuem duas direções predominantes de fluxo: vertical e longitudinal. O vertical é representado pelos processos de precipitação e evapotranspiração e o longitudinal pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento por baixo da superfície).

Estudos sobre o efeito das chuvas em atributos do solo são difíceis de serem realizados com chuva natural, pois não se têm controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva (SOUZA, 2004).

2.1.2.1 Influência da cobertura e manejo do solo na erosão hídrica pluvial

O solo é variável espacialmente em termos de suas propriedades químicas, físicas e morfológicas. Com isto, é esperado que o comportamento do mesmo em relação à erosão seja diferenciado. Quanto menor for a estabilidade dos agregados do solo e a capacidade de infiltração de água, mais suscetível será esse solo à erosão. Solos ricos em silte e areia e pobres em matéria orgânica são muitos propensos à erosão, em razão da pequena resistência que oferecem ao desprendimento e transporte de partículas durante a precipitação (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A utilização de práticas conservacionistas de solo tem recebido grande ênfase atualmente, principalmente no que se refere à manutenção e à melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados e suas implicações no rendimento das culturas (FERREIRA et al., 2010). A cobertura do solo, a rugosidade da superfície e as propriedades físicas nas camadas, superficial e subsuperficial do solo são fatores que têm forte influência na erosão hídrica do solo (MARTINS et al., 2002; PIRES et al., 2006).

Solos manejados com cobertura de resíduos culturais sofrem pequena erosão hídrica, em virtude da dissipaçāo de energia cinética das gotas da chuva, a qual diminui a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, além do aumento da infiltração

de água. Atua ainda na redução da velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, da capacidade erosiva da enxurrada (SLONEKER e MOLDENHAUER, 1977; COGO, 1981; ZHOU et al., 2002). A percentagem de cobertura do solo proporcionada pelas restas das culturas é fator fundamental na redução das perdas de solo por erosão hídrica (SLONEKER e MOLDENHAUER, 1977; PIRES et al., 2006; PANACHUKI et al., 2006), obtendo-se boa eficácia já com 30 % de cobertura (COGO, 1981; LOPES et al., 1987). O uso de plantas de cobertura promove a proteção contra os agentes erosivos, pois contribui para melhoria das suas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (OLIVEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2003). Para Silva et al. (2007), a importância de uma vigorosa colonização do solo pelo sistema radicular das gramíneas, por exemplo, reside no fato de que as espécies dessa família têm grande importância na reestruturação da camada arável, tornando o solo mais resistente à ação do impacto das gotas de chuva e menos propenso à erosão (FERREIRA et al., 2010). A cobertura do solo por plantas e/ou, seus resíduos determinam também maior conteúdo de água no solo, pelo aumento da capacidade de retenção e redução da evaporação (CAMPOS et al., 1994).

O uso de adubação verde e o preparo do solo com o mínimo de mobilização são técnicas agrícolas que podem contribuir para diminuir a perda de água no solo (RYDBERG, 1990), e melhorar suas propriedades físicas, como densidade e resistência à penetração (KAYOMBO e LAL, 1993; HALL et al., 1994; DAO, 1996). Os preparos conservacionistas de solo, tal como a semeadura direta, com menor revolvimento, mantêm, parcial ou totalmente, os resíduos vegetais na superfície e aportam continuamente matéria orgânica ao solo, a qual é responsável pela manutenção e melhoria de suas propriedades físicas (LAL e GREENLAND, 1979; CASTRO FILHO et al., 1998). Outro fator a ser destacado é a forma de semeadura das culturas em relação à declividade do terreno, modificando as condições superficiais do solo quanto ao manejo da água de enxurrada, influenciando, assim, mudanças na orientação da rugosidade superficial e, consequentemente, na retenção de sedimentos na superfície do solo e erosão hídrica (COGO et al., 2007; LUCIANO, 2008).

2.1.2.2 Influência da adubação orgânica com dejeto líquido de suínos (DLS) no solo

2.1.2.2.1 Influência nos atributos do solo

Poucos são os estudos que avaliaram atributos físicos do solo de áreas submetidas à aplicação sucessiva de DLS por longo tempo (Arruda et al., 2010; Costa et al., 2011). Em estudo conduzido por Rauber et al. (2012), no qual os autores avaliaram propriedades físicas

do solo e carbono orgânico em áreas submetidas à aplicação de DLS, foi constatado que o produto promoveu melhorias na estrutura do solo, refletidas em decréscimos na densidade e resistência à penetração, aspecto também observado por Zhao et al. (2009). No entanto, os trabalhos têm mostrado que esta melhoria depende da aplicação, em longo prazo, e que outros fatores, como revolvimento do solo e tráfego agrícola influenciaram os resultados (ZHAO et al., 2009). Avaliando a estrutura do solo em áreas submetidas a doses de DLS em semeadura direta, Arruda et al. (2010) observou que os atributos físicos do solo e o teor de carbono orgânico não foram modificados, indicando que o uso agrícola dos DLS, nas condições estudadas, manteve inalterados os atributos físicos do solo.

Com relação aos aspectos biológicos, muitas metodologias são utilizadas para medir a atividade microbiológica. A medição do CO₂, proveniente da mineralização, é o mais utilizado. Em estudos realizados com aplicação de dejeto suíno, RC Santos, (2010) concluiu que a atividade microbiana dos solos foi estimulada significativamente, pela adição dos DLS, variando positivamente conforme as doses aplicadas. Souza (2014), concluiu que o aumento da dose DLS aumentou a população de organismos do solo, porém o aumento da dose reduziu a diversidade de Shannon (índice que expressa a riqueza e uniformidade) e aumentou a dominância de Simpson.

Comparativamente as propriedades físicas e biológicas do solo, os estudos da aplicação de DLS e sua relação com as propriedades químicas do solo, são mais abundantes, principalmente relacionados ao nutriente P e ao carbono orgânico (CO). Mafra (2014) concluiu que o DLS aplicado como fertilizante em cultivos sucessivos de milho e aveia-preta, em semeadura direta, em doses a partir de 50 m³ ha⁻¹ por ano aumentou a taxa de fixação de carbono no solo comparativamente à adubação normalmente recomendada com N, P e K de fontes solúveis. Ceretta et al. (2010), aplicando doses sucessivas de DLS na superfície de um Argissolo Vermelho arenoso em sistema de semeadura direta, verificou aumento do teor de fósforo até 25 cm de profundidade. Isto ocorreu principalmente nas frações inorgânicas e não aumenta os teores de fósforo orgânico, e representou risco potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais.

2.1.2.2 Influência na produção vegetal

Muitos trabalhos apontam que a aplicação de DLS incrementa a produção de massa seca, sendo variáveis as doses aplicadas e a produção atingida. Rodrigues (2006) evidenciou efeito significativo da DLS em relação à produção de matéria seca pré-pastejo. Aconteceram

acrôscimos de produção com o aumento da dose, sendo que a dose de 200 m³ ha⁻¹ duplicou a produção de MS em relação à dose 0 (zero) e foi 50% superior a produção da dose de 50 m³ ha⁻¹. Serafim (2010) observou incremento na produção de MS até doses de 600 m³ ha⁻¹ de DLS, porém, concluiu que a maior eficiência de utilização dos nutrientes aplicados foi obtida com a dose de 100 m³ ha⁻¹.

2.1.2.2.3. Influência na erosão hídrica pluvial do solo

Muitos trabalhos tratam da utilização do DLS como alternativa de fertilização do solo, principalmente pela grande quantidade desse material disponível no estado de SC (GATIBONI, 2008; CERETTA et al., 2010). No entanto, as características de composição química, as condições de aplicação e o manejo do solo, podem transformar esta aplicação em potencial poluente. Diversos trabalhos mostram a contaminação de mananciais superficiais e até mesmo da água subterrânea com nitrogênio oriundo, provavelmente, do DLS.

A recomendação de aplicação de doses de estercos pelo elemento mais limitante no solo, resultando em sobra dos demais, ou a aplicação em quantidades elevadas, como descarte, em solos e sistemas de culturas com capacidade de reciclagem limitada, aumentam os riscos de causar danos ao ambiente. Entre os fatores potencialmente poluidores, destacam-se o acúmulo acentuado de nutrientes na camada superficial do solo ou sua lixiviação através do perfil. No primeiro caso, os nutrientes podem ser transportados por erosão até os mananciais de água, adsorvidos nos coloides do solo (MORI et al., 2009), podendo causar a eutrofização (P) ou contaminação de águas superficiais com metais pesados (Cu e Zn). No segundo caso, os nutrientes (principalmente o N) podem ser lixiviados pelo perfil do solo (AITA e GIACOMINI, 2008; MENEZES e SALCEDO, 2007) e atingir os mananciais subterrâneos de água, resultando na sua contaminação com nitrato.

A adubação com DLS promoveu maior enxurrada a adubação com adubo mineral, nas duas primeiras chuvas simuladas realizadas por BERTOL (2005). Consequentemente, as perdas de solo e água nessas chuvas foram maiores no solo adubado com DLS. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram que na água do escoamento superficial dos tratamentos em que o DLS foi usado, ocorreu maior demanda química de oxigênio e condutividade elétrica na enxurrada do que quando na água oriunda do solo que recebeu adubo mineral.

Na região oeste de SC, Scherer et al. (2010) verificou que em solos que haviam recebido DLS continuamente por 15 anos, ocorreu acúmulo nos teores de MO, P e K, disponíveis na camada superficial, principalmente em profundidades de até 5 cm, indicando

maior potencial de poluição ambiental por escoamento superficial. Desta forma, adubações contínuas com DLS poderão ocasionar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos dejetos (KONZEN et al, 1997).

3 HIPÓTESES

A aplicação de dejeto líquido de suínos em área cultivada aumenta a produção de biomassa vegetal porque o dejeto melhora as propriedades físicas e químicas do solo.

As propriedades físicas e químicas do solo melhoram com a aplicação de dejeto líquido de suínos porque o dejeto agrega alguns nutrientes e matéria orgânica ao solo.

O aumento da dose de dejeto líquido de suínos aplicado ao solo diminui a erosão hídrica porque o dejeto faz aumentar a produção de biomassa vegetal e melhorar as propriedades físicas do solo; na erosão, as perdas de solo são mais influenciadas do que as perdas de água.

Os teores de nutrientes na água de escoamento superficial aumentam com o aumento da dose de dejeto líquido de suínos, no entanto, a quantidade total de cada nutriente diminui com o aumento da dose de dejeto, devido ao efeito positivo do mesmo na redução da erosão.

4 OBJETIVO GERAL

Em geral, com este trabalho objetivou-se determinar o efeito da aplicação de doses crescentes de dejetos líquidos de suínos em alguns atributos do solo, na produção de biomassa vegetal e na erosão hídrica em solo submetido a três cultivos e comparar os resultados com os obtidos em condição de solo sem cultivo e sem dejetos.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram determinar a influência do dejetos líquidos de suínos na porosidade e densidade do solo e nos teores de carbono orgânico, cálcio, magnésio, fósforo e potássio e no pH do solo.

Quantificar a biomassa produzida nos cultivos de milheto, aveia e crotalária.

Quantificar as perdas de água e solo por erosão hídrica.

Quantificar os teores e perdas totais de Ca, Mg, P e K na água da enxurrada.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo estava inserido na bacia do Rio Itajaí que apresenta uma área total de cerca de 15.000 km², correspondente a 16% do território catarinense e a 0,6% do território brasileiro, sendo o mais extenso sistema hidrográfico da vertente atlântica em Santa Catarina. O relevo da Bacia do Itajaí indica uma grande diversidade e complexidade geoecológica, susceptibilidade à dinâmica de processo erosivo e fragilidade ambiental (SANTOS, 2006). A paisagem atual é resultado de processos geológicos e climáticos, que formaram um relevo acidentado, com encostas muito inclinadas, extremamente dobradas, frequentemente entalhadas em forma de 'V' fechado e geralmente associadas a pequenas e estreitas várzeas em torno de ribeirões e rios, sujeitas às inundações frequentes. Nas encostas dos morros o solo pode atingir espessuras variáveis, sendo que em alguns pontos pode ser muito raso e em outros muito profundos. A rocha abaixo do solo, entretanto, é muito pouco permeável. Por isso, quando chove, o solo fica encharcado facilmente e, a água, ao atingir uma superfície de rocha inclinada, segue o caminho preferencial nessa zona de contato, formando uma zona lubrificada que favorece o escorregamento do solo (AUMOND, 2009). Na área onde foi inserido o experimento, o solo é raso, e com granulometria siltosa.

A pesquisa foi desenvolvida num experimento situado no Instituto Federal Catarinense - Campus de Rio do Sul, localizado próximo à cidade de Rio do Sul, sobre um Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2006), em uma área com relevo ondulado, situada na altitude de 690 m. A área experimental está localizada, nas coordenadas 27° 11' 7 " latitude Sul e 49° 39' 41" longitude Oeste de Greenwich. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, chuvoso, com verões quentes, de acordo com a classificação de Köeppen e com uma precipitação média anual de 1.596 mm (HILLESHEIM e NEVES, 2015).

A área experimental onde foi instalado o experimento pertence ao patrimônio da união desde 1987. Antes desta data o local foi explorado economicamente pela retirada da madeira nativa, que na região era composta por espécies da mata atlântica. Após a retirada das árvores com porte comercial, a área ficou em pousio, e capoeira, até o início da década de 90, quando se retirou a capoeira e implantaram-se gramíneas nativas e naturalizadas para pastagem. A área permaneceu até 2010 sendo ocupada com animais, explorada em pastejo e, após esta data, foram efetuadas somente roçadas até a implantação do experimento. Com isso, a área

experimental foi definida a partir de uma avaliação preliminar que levou em conta a representatividade regional.

5.2 FASE DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

Inicialmente, realizou-se o preparo do solo com uma aração seguida de duas gradagens, no mês de setembro de 2014. Com auxílio de um nível óptico, foram localizadas as parcelas, buscando-se, dentro do possível, fazer com que as mesmas fossem localizadas de modo que a declividade média fosse semelhante entre elas. Em função da heterogeneidade de relevo da área no local, após a localização algumas parcelas apresentaram declive convexo e outras, declives côncavas. Mas, no geral, foi pequena a diferença de declividade média entre elas (Figura 1).

Figura 1- Perfil das declividades e declividade média das parcelas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2016.

No mês de outubro de 2014 foram instaladas as parcelas e, em seguida, começaram-se os cultivos (Figura 2).

Figura 2 - Chapas divisórias e calha coletora de enxurrada.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2016.

5.3 UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental continha 15 m de comprimento e 2 m de largura, totalizando 30 m². A maior extensão (15 m) da parcela foi direcionada no sentido do declive. A delimitação das laterais e da extremidade superior da parcela foi realizada com chapas galvanizadas de 0,2 m de altura, cravadas 0,1 m no solo seguindo a recomendação contida em Cogo (1978). Na extremidade inferior da parcela acoplou-se uma calha coletora, conectada a um tubo de PVC de 75 mm de diâmetro, o qual direcionava o fluxo do escoamento superficial até a primeira caixa d'água de PVC com capacidade de armazenagem de 500L. Desta, conduziu-se o fluxo para um divisor de águas confeccionado a partir de um ralo de chuveiro (Figura 3) que dividia este fluxo em sete partes iguais, sendo que uma parte foi direcionada para a segunda caixa com capacidade de 300L, onde foram coletadas as amostras de água e sedimentos (Figura 2).

Figura 3 - Parcela, com dimensão de 30 m², e o conjunto das parcelas com tanques coletores de enxurrada



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2016.

5.4 CULTIVOS

No mês de novembro de 2014 foi iniciado o 1º cultivo, de verão, com a semeadura do milheto (*Pennisetum americanum*), que foi realizada a lanço, sem movimentação do solo. Antes da semeadura em si, coletaram-se amostras do solo para análise química e análise física. Em seguida, realizou-se a semeadura da cultura com dose de 40 kg ha⁻¹ de semente. Em função de problemas na germinação, foi realizada ressemeadura no mês de dezembro. A adubação constituiu na aplicação de dejeto líquido de suínos, conforme o tratamento. Durante o ciclo do milheto foram retiradas plantas daninhas dentro das parcelas, manualmente. No inicio do mês de março realizou-se o manejo do milheto através de roçada com retirada de material para quantificação de produção de massa seca e, em seguida semeadura da cultura de inverno. Os resíduos culturais do milheto foram mantidos distribuídos uniformemente sobre o solo resultando em cobertura de 100% da superfície.

A cultura da aveia (*Avena sativa*) constituiu no 2º cultivo e foi semeada em março de 2015, a semeadura foi a lanço, simultaneamente a roçada e manutenção da palhada de milheto na superfície, e no mês de abril realizou-se a adubação com dejeto líquido suíno conforme o tratamento. Seguiram-se as operações de retirada de plantas daninhas manualmente e com capina manual no tratamento testemunha. Em agosto, quando foi realizada a colheita de uma amostra da parte aérea do vegetal para quantificar a produção de MS, realizou-se o manejo da cultura, cujos resíduos permaneceram sobre o solo cobrindo 100% da superfície e, em seguida, a semeadura da cultura de verão.

No final do mês de agosto de 2015 realizou-se a semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), constituindo-se no 3º cultivo. Em função de problemas climáticos (excesso de

umidade e baixa temperatura no solo) ocorreram deficiências de germinação e desenvolvimento da cultura, tendo sido a mesma substituída por crotalária. Assim, após dessecar o feijão e as invasoras, realizou-se uma roçada no mês de outubro de 2015 e, em seguida, semeou-se crotalária (*Crotalaria juncea*) que foi adubada com DLS, conforme os tratamentos, no mês de novembro de 2015. No mês de abril de 2016 a crotalária foi roçada manualmente, o resíduo mantido sobre o solo cobrindo 100% da superfície. Em seguida realizou-se a coleta de amostras de solo para análises físicas e químicas e de massa vegetal da crotalária para avaliação da produção de massa seca.

5.5 DEJETO LÍQUIDO SUÍNO (DLS)

A aplicação de DLS foi realizada em torno de 15 dias após a semeadura de cada cultivo (milheto, aveia e crotalária). O DLS utilizado provinha de uma granja de suínos do IFC campus de Rio Do Sul, de ciclo completo (composta por matrizes, leitões e animais adultos), compondo um plantel de aproximadamente 150 animais, criados em regime de confinamento total. O dejeto era composto por fezes, urina, água e demais resíduos provenientes da limpeza das instalações que ficava armazenado em uma lagoa de armazenagem até o momento de uso, sendo daí retirado com auxílio de um distribuidor que fazia o seu transporte até a área experimental, para ser aplicado.

Durante a aplicação, foram coletadas amostras do DLS, em potes plásticos, para posterior análise, as quais ficaram armazenadas em 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 proposta por Tedesco et al. (1995), cujos teores eram de 0,57% de P e 0,43% de potássio, na matéria seca do dejeto.

5.6 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram avaliados os efeitos de cinco tratamentos que se constituíram em doses de DLS, em condição de chuva natural. Os tratamentos, estruturados em delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições de campo, constituíram-se de cultivo do solo e de dose de dejeto líquido de suínos (DLS), a seguir descrito.

I) Tratamentos com cultivo do solo e com DLS:

T1. 0 (zero) $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

T2. $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

T3. $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

T4. $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

II) Tratamento sem cultivo do solo e sem dejeto:

T5. 0 (zero) $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (testemunha).

O dejeto foi aplicado na superfície do solo, uma única vez em cada um dos três cultivos, milheto, aveia e crotalária.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos realizados na área experimental de Rio do Sul, SC.

Tratamento	Dose DLS ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Ciclo cultural		
		1°	2°	3°
T1	0	Milheto	Aveia	Crotalária
T2	50	Milheto	Aveia	Crotalária
T3	100	Milheto	Aveia	Crotalária
T4	200	Milheto	Aveia	Crotalária
T5	0	Sem cultivo	Sem cultivo	Sem cultivo

5.7 QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO

O critério adotado para a seleção das chuvas erosivas foi o de Wischmeier e Smith (1958), o qual considera erosiva a chuva com altura igual ou superior a 10 mm ou com altura igual ou superior a 6 mm em um intervalo de tempo menor ou igual a 15 minutos. Além disso, chuvas separadas por intervalos de seis horas sem precipitação ou com menos de 1 mm de altura são consideradas individuais, ou separadas uma da outra. Para o registro da distribuição de altura das chuvas foi utilizado um pluviômetro instalado nas parcelas e de pluviograma do equipamento (Estação Modelo DAVIS VANTAGE PRO 2) instalado a 200 m da área experimental, a qual por motivos técnicos não gerou dados em alguns períodos sendo utilizada neste período somente a informação do pluviômetro.

Foram adotados diferentes procedimentos para quantificação da erosão, levando em consideração o volume total de enxurrada nos tanques coletores e a quantidade de sedimento verificado no balde de concentração e/ou a quantidade de solo retido na calha de descarga,

segundo a metodologia proposta por Cogo (1978). Durante o período experimental, foram quantificadas as perdas de solo e de água provenientes de chuvas erosivas.

Em cada tanque que armazenava a enxurrada de cada parcela, foi efetuada a medição da altura da suspensão, a coleta de amostras da enxurrada e a quantificação dos sedimentos erodidos. Os sedimentos foram retirados de dentro do tanque de sedimentação e pesados, quando sua quantidade permitia, principalmente no início do experimento. Após o registro da altura de enxurrada dentro do tanque, a enxurrada foi homogeneizada e dela, coletadas duas repetições de amostras em frascos plásticos com capacidade de 350 cm³. Estes frascos foram novamente homogeneizados e derivaram deste o volume para completar um Baker de 100 cm³. Os frascos foram levados à estufa com circulação de ar, na temperatura de 55 e 60 °C, até que atingissem massa constante.

A partir das amostras de enxurrada recém descritas, determinou-se a concentração de sedimentos na enxurrada e a massa de sedimentos existentes na suspensão. O produto da altura de enxurrada dentro das caixas pela área das caixas forneceu o volume de enxurrada. A partir das amostras de sedimentos secos nos frascos, foi calculada a massa de solo seco contida em suspensão nas caixas. Os valores de massa de solo seco e de água contidos nos tanques foram somados aos de massa de solo seco e de água contida nos sedimentos. Assim, obtiveram-se as perdas totais de solo e de água, respectivamente, ocorridas em cada chuva e, relacionando-se com os volumes de 28 enxurradas dos tanques, calcularam-se as perdas totais de água e de sedimentos durante o período do experimento.

Os valores de perdas de solo resultantes da erosão foram corrigidos por meio do procedimento adotado para o fator S (fator declividade do terreno), conforme proposto por Wischmeier e Smith (1978), utilizando a equação:

$$S = 0,065 + 4,56 \operatorname{sen}\theta + 65,41 (\operatorname{sen}\theta)^2, \text{ onde:}$$

S = fator grau do declive; e

θ = ângulo do declive.

Posteriormente, para o ajuste final dos dados de perda de solo, foi calculado um fator de correção (Fc) para as perdas de solo, para cada parcela, tendo como base a relação dos fatores S calculados pela equação (1), conforme fórmula a seguir:

$$Fc = S \text{ médio de uma parcela qualquer/s médio de todas as parcelas.}$$

5.8 CARACTERIZAÇÕES E DETERMINAÇÕES

5.8.1 No solo

O solo coletado nas parcelas, em amostras alteradas nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm, foi caracterizado quanto a densidade, porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total), índice pH em água, e teores de carbono orgânico (CO), Ca, Mg, P e K. Essa caracterização foi realizada em amostras do solo coletadas antes de cada aplicação de DLS e após cada ciclo cultural.

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley e Black modificado por Tedesco et al. (1995), por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ 1,25 mol L⁻¹ em meio ácido de H_2SO_4 concentrado e titulação com $FeSO_4$ 0,25 mol L⁻¹. Ca e Mg extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, sendo determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O P e o K foram extraídos com solução Mehlich-1, sendo que o P foi determinado por espectrofotometria e o K por fotometria de chama, de acordo com os procedimentos da Embrapa (1997).

Em amostras não alteradas, coletadas em anéis volumétricos, determinaram-se a densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, nas mesmas camadas de solo recém-descritas. A densidade do solo foi determinada por diferença de massa, por pesagem, e a porosidade do solo por sucção em coluna d'água de 0,6 m de altura em mesa de tensão de areia. Ambas seguiram a metodologia da EMBRAPA (1997).

5.8.2 Na água de escoamento

Na água oriunda do escoamento superficial foram determinados os seguintes parâmetros: concentração de Ca, Mg, P e K. O Ca, o Mg e o K foram determinados por Tedesco et al. (1995), o P determinado por Murphy e Riley (1962). Ambas as determinações em amostras filtradas, sendo determinados os elementos que estavam presentes na forma solúvel.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ATRIBUTOS DO SOLO

6.1.1 Atributos físicos

Os valores de porosidade total (Pt), microporosidade (Mi) e macroporosidade (Ma) do solo tenderam a aumentar entre o início (antes) e o final (após) da pesquisa, e praticamente todos os tratamentos que receberam aplicação de DLS, em números absolutos, especialmente nas camadas mais superficiais do solo (0 a 5 cm) (Tabela 2). Também, os dados não apresentaram tendência de diferenciação entre as diferentes doses aplicadas. A densidade do solo (Ds) não apresentou tendência definida, nem de aumento, nem de diminuição, mostrando comportamento errático na comparação das duas épocas de avaliação. No tratamento que não recebeu aplicação de DLS houve aumento de 56% na microporosidade e de diminuição dos valores de MA (24%) na superfície do solo. O tratamento que não foi cultivado apresentou aumento de 86% na microporosidade, com redução de 22 % na macroporosidade, principalmente nas camadas superficiais, assemelhando-se ao comportamento do tratamento com dose zero de dejeto. Nos tratamentos que receberam aplicação de DLS ocorreu aumento entre 02 e 22% na macroporosidade e a microporosidade as alterações foram entre 02 a 20%

As alterações relativamente expressivas na MI e MA (Tabela 2), podem ser explicadas pelo efeito combinado do DLS aplicado que influenciou positivamente a produção de biomassa vegetal, principalmente nos dois últimos cultivos e nas camadas superficiais e, com isso, possivelmente a atividade biológica que trabalhou na agregação do solo, em especial nesses atributos. Isto ocorreu, possivelmente, pelo fato da área encontrar-se em pousio antes da implantação do experimento, com abundante massa vegetal de diversas gramíneas. Na implantação do experimento o solo sofreu interferência (preparo) mecânica, o que modificou as condições físicas originais do solo e, nos meses seguintes, durante a pesquisa, essas condições foram, em parte, restabelecidas. Em diversos trabalhos, entre eles os realizados por Arruda et al. (2010) e Mecabô Júnior (2013), não foram observadas, em geral, diferenças entre tratamentos constituídos por dose de DLS, sobre esses atributos do solo, em trabalhos conduzidos por períodos inferiores a um ano. A justificativa para isso foi a baixa quantidade de matéria orgânica aportada no solo pelo dejeto, e o curto espaço de tempo de avaliação.

A principal alteração física do solo relacionada com a possível influência na erosão ocorreu nos valores de MA, principalmente nas camadas superiores do solo (Tabela 02). Assim, na dose 0 (zero) de DLS, houve redução nos valores desta propriedade em relação às demais doses. Essa diferença foi causada pelo baixo desenvolvimento das culturas, principalmente no primeiro cultivo (milheto) e no segundo (aveia). Consequentemente, houve menor quantidade de raízes dessas culturas e, com isso, menor efeito sobre a porosidade (BERTOL, 2003).

Tabela 2 - Valores de porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e densidade (Ds) do solo, determinados antes e após a aplicação dos tratamentos, em cinco camadas do solo.

Tratamento DLS $m^3 ha^{-1}$	Pt		Ma		Mi		Ds	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
	0 a 2,5 cm							
Test.	0,42	0,54	0,204	0,159	0,204	0,38	1,18	1,277
0	0,473	0,609	0,163	0,124	0,310	0,484	1,082	1,165
50	0,467	0,588	0,188	0,231	0,279	0,356	1,127	0,932
100	0,467	0,598	0,199	0,214	0,268	0,385	1,069	0,952
200	0,437	0,622	0,186	0,188	0,250	0,433	1,127	1,042
2,5 a 5 cm								
Test.	0,45	0,54	0,158	0,144	0,292	0,39	1,188	1,130
0	0,462	0,547	0,145	0,134	0,317	0,413	1,189	1,222
50	0,451	0,615	0,178	0,232	0,273	0,383	1,111	1,032
100	0,442	0,545	0,128	0,144	0,314	0,401	1,382	1,110
200	0,433	0,554	0,142	0,145	0,291	0,409	1,270	1,155
5 a 10 cm								
Test.	0,499	0,52	0,106	0,108	0,393	0,41	1,213	1,20
0	0,460	0,478	0,070	0,077	0,389	0,401	1,206	1,427
50	0,435	0,507	0,121	0,067	0,314	0,440	1,193	1,253
100	0,466	0,476	0,080	0,066	0,385	0,409	1,300	1,369
200	0,457	0,492	0,083	0,067	0,375	0,425	1,328	1,235
10 a 15 cm								
Test.	0,412	0,44	0,097	0,024	0,31	0,42	1,337	1,26
0	0,407	0,478	0,063	0,074	0,344	0,403	1,443	1,394
50	0,512	0,541	0,076	0,110	0,435	0,431	1,162	1,255
100	0,422	0,509	0,069	0,095	0,352	0,414	1,377	1,338
200	0,459	0,514	0,072	0,114	0,387	0,399	1,313	1,261
15 a 20 cm								
Test.	0,469	0,50	0,089	0,118	0,38	0,382	1,28	1,21
0	0,432	0,488	0,072	0,082	0,359	0,405	1,359	1,386
50	0,460	0,502	0,079	0,100	0,381	0,402	1,311	1,288
100	0,433	0,471	0,066	0,061	0,367	0,410	1,417	1,306
200	0,451	0,516	0,101	0,120	0,350	0,395	1,327	1,251

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6.1.2 Atributos químicos

Em geral, houve modificação nos dados de atributos químicos do solo entre a avaliação realizada antes da implantação do experimento e após o último cultivo, ora diminuindo, ora aumentando, mas, praticamente sem modificação em função da dose de DLS aplicada, considerando os valores absolutos (Tabela 03). Os valores de pH e CO praticamente não variaram entre uma e outra época avaliada. O P e o K, por sua vez, também não apresentaram variação numérica importante entre as épocas de avaliação estudadas.

A falta de tendência nos dados de atributos químicos do solo com a dose de DLS é justificada pela pequena quantidade de nutrientes e de MO presentes no dejeto, comparada à quantidade encontrada no solo antes de aplicar o dejeto. Isto serve para justificar também a falta de diferença, em geral, nos valores que comparam as épocas entre si, para a maioria dos nutrientes. Também, a falta de diferença e de tendência comportamental dos valores de nutrientes, entre tratamentos e entre épocas de avaliação, tem amparo na extração pelas plantas, nas perdas por erosão e, no caso do N, na lixiviação.

Em geral, verifica-se que o DLS aplicado como fertilizante em doses a partir de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em cultivos sucessivos em condição de semeadura direta, aumenta a taxa de fixação de carbono no solo comparativamente à adubação com N, P e K de fontes solúveis (MAFRA 2014). Este autor avaliou o efeito do dejeto durante 15 meses. Com a intensificação de aplicação de DLS, e com o retorno deste elemento ao solo ao longo do tempo, a tendência é de aumento do teor de P no solo (GATIBONI et al., 2008), principalmente na camada superficial.

Tabela 3 - Valores de pH, Carbono Orgânico (CO), Potássio (K) e Fósforo (P) do solo, determinados antes e após a aplicação dos tratamentos, em cinco camadas do solo.

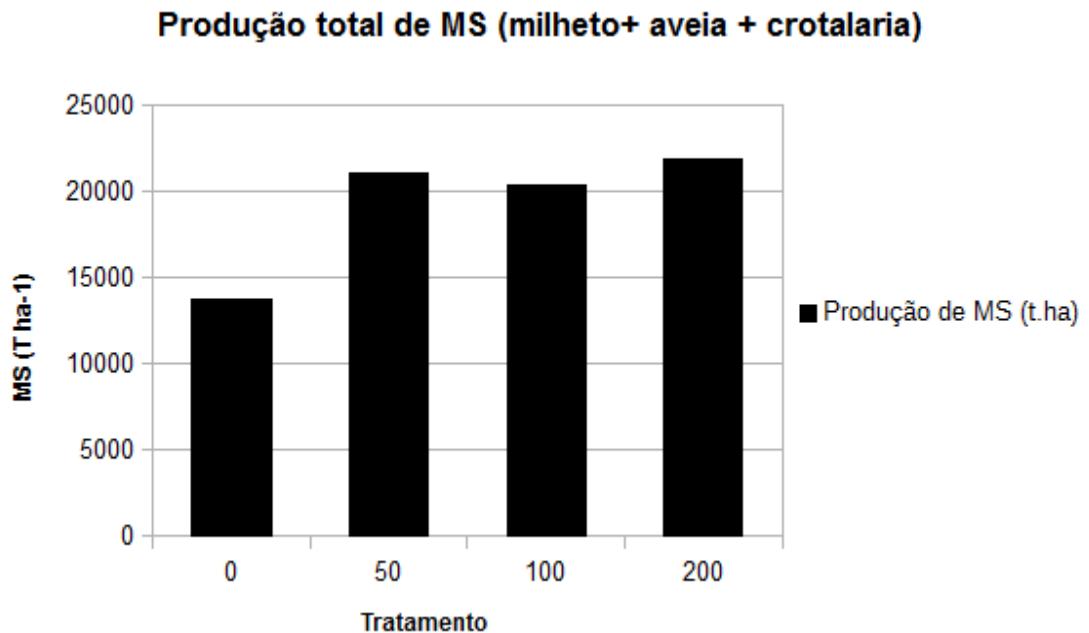
Tratamento DLS (m ³ ha ⁻¹)	Camada	pH		CO		K		P	
		Água 1:1		%		----- g dm ⁻³ -----			
		Ant.	Após	Ant.	Após	Ant.	Após	Ant.	Após
0 a 2,5 cm									
Test.		5,95	5,65	2,03	2,29	103	130	9,6	6,29
0		5,75	6,00	2,35	2,26	165	112	11,50	4,86
50		5,65	5,60	2,98	2,51	120	149	8,35	9,01
100		5,90	5,60	2,99	2,40	123	101	9,75	5,19
200		5,25	5,70	2,26	2,36	162	76	10,25	10,44
2,5 a 5 cm									
Test.		5,95	5,7	2,03	4,61	103	121	9,60	4,02
0		5,75	6,00	2,35	2,04	165	82	11,50	4,08
50		5,65	5,70	2,98	3,44	120	71,5	8,35	4,34
100		5,90	5,60	2,99	2,15	123	54,5	9,75	2,91
200		5,25	5,55	2,26	2,24	162	45,5	10,25	7,13
5 a 10 cm									
Test.		5,25	5,5	1,62	1,27	90	59	6,45	2,91
0		5,75	6,00	2,35	2,04	165	82	11,50	4,08
50		5,65	5,70	2,98	3,44	120	71	8,35	4,34
100		5,90	5,60	2,99	2,15	123	54	9,75	2,91
200		5,25	5,55	2,26	2,24	162	45	10,25	7,13
10 a 20 cm									
Test.		5,70	5,85	1,74	1,62	65	78	7,00	3,11
0		6,05	6,10	1,28	1,29	48	42	4,75	2,20
50		5,75	5,75	1,42	2,15	83	47	5,80	3,43
100		5,35	5,90	1,18	1,35	58	37	6,65	2,33
200		5,55	5,85	1,68	1,60	97	37	5,80	2,59

6.2 MASSA SECA DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS

O tratamento sem aplicação de DLS apresentou menor produção de massa seca aérea (MS), em torno de 13.750 kg ha⁻¹, enquanto, os demais tratamentos apresentaram valores de produção entre 20.500 a 21.500 kg ha⁻¹, quando os valores de MS são somados para os três cultivos (Figura 04). Portanto, a maior diferença numérica ocorreu mesmo entre o tratamento

sem aplicação de dejeto e a média das demais doses. Isto indica que, para o caso de biomassa vegetal, a variação de dose de DLS, entre 50 e 200 m³ ha⁻¹ aplicado três vezes, uma vez em cada cultivo subsequente, em nada influenciou. A aplicação de DLS, fermentado ou em condição natural, na dose de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, possibilita produção de MS similar àquela com adubo mineral, para o caso de Brachiariabizantha (MEDEIROS et al., 2007). No caso do milho, a aplicação de DLS, em doses de até 50 m³ ha⁻¹ como adubação de base, não se diferencia da adubação química com NPK (SEIDE et al., 2010). Por outro lado, em cultivo de aveia preta/milho/nabo forrageiro em rotação, a aplicação de DLS aumenta a produção de matéria seca em todas as culturas (CERETTA et al., 2005).

Figura 4 - Produção total de matéria seca (MS) da parte aérea (Mg há-1) durante os três cultivos (somados a produção de milheto, aveia e crotalaria)



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A diferença de produção de MS foi progressivamente aumentando de um cultivo para o seguinte, com o aumento da dose de DLS, do milheto para a aveia e, desta, para a crotalaria (Tabela 04). Isto foi decorrência da influência do efeito combinado entre a aplicação de DLS e seu efeito progressivo de um cultivo a outro, no tempo, devido à melhoria em alguns atributos físicos do solo (Tabela 04), especialmente e, em parte, à melhoria em alguns atributos químicos, embora menor (Tabela 04).

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea produzida pelas culturas de milheto, aveia e crotalária, em um único cultivo de cada espécie em função das doses de DLS aplicadas.

Tratamento (DLS)	Milheto	Aveia	Crotalária
$m^3 ha^{-1}$		$t ha^{-1}$	
0	2,47	1,73	9,55
50	3,53	3,06	14,38
100	3,67	2,89	13,72
200	4,73	3,28	13,78

6.3. EROSÃO HÍDRICA DO SOLO

6.3.1. Perdas de água

As perdas de água pouco variaram entre os tratamentos com cultivo, mas variaram expressivamente entre o primeiro e os dois cultivos subsequentes, com exceção do solo sem cultivo e sem dejeto que, no terceiro cultivo apresentou perdas semelhantes às do primeiro cultivo (Tabela 05). No caso da comparação dos cultivos entre si, a variação foi influenciada principalmente pela quantidade de biomassa da parte aérea, devido às características das plantas e ao clima. Assim, no primeiro cultivo (milheto), as perdas de água foram 11,7 vezes maiores do que no segundo (aveia) e, deste para o terceiro cultivo (crotalária), praticamente não variaram, considerando a média apenas dos tratamentos com cultivo. Essa diferença é explicada, principalmente, do seguinte modo: este cultivo, tendo sido o primeiro, foi realizado imediatamente após o solo ter sido preparo convencionalmente (aração e gradagens); o milheto foi semeado em seguida, no mês de dezembro e, a partir daí, ocorreram chuvas erosivas concentradas na fase inicial do desenvolvimento da cultura, o que resultou em intenso selamento do solo antes que a cultura pudesse se estabelecer e cobrir a superfície. Nos cultivos seguintes, a biomassa do milheto mantida no segundo cultivo e do milheto + da aveia mantida no terceiro cultivo, na superfície, cobria o solo e, com isso, essa proteção o protegeu da energia da chuva e da enxurrada e melhorou a infiltração de água no solo.

Na comparação entre os tratamentos, em cada cultivo, a dose de DLS influenciou as perdas de água de maneira errática (Tabela 5), explicada pela pequena influência que teve sobre a biomassa produzida, principalmente. No primeiro cultivo a diferença de perdas de água, entre os tratamentos, foi de 13%, em que as menores perdas ocorreram na dose 0 (zero) $m^3 ha^{-1}$ de DLS. No segundo cultivo, a diferença foi de 2,2 vezes, com as menores perdas tendo ocorrido na dose 50 $m^3 ha^{-1}$ e, no terceiro cultivo, onde as menores perdas de água

ocorreram nas doses 0 (zero), a diferença nas perdas de água foi de 57%, sempre comparados ao tratamento sem cultivo e dose zero.

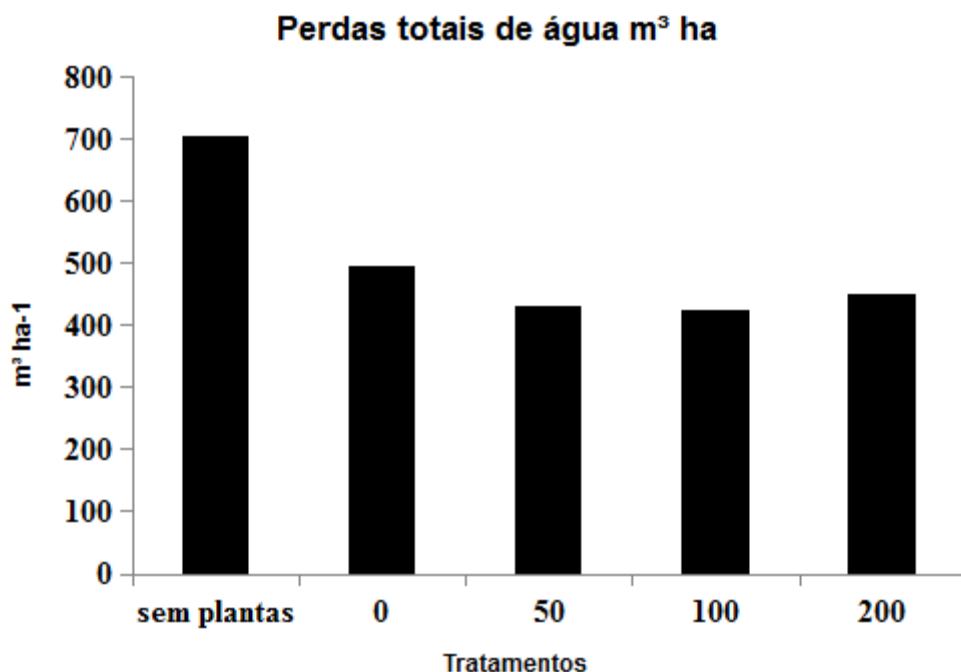
Tabela 5 - Perdas de água por escoamento superficial (PA) e altura de chuva (AC), em cada cultivo, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo

Tratamento (DLS)	Milheto		Aveia		Crotalária	
	PA	AC	PA	AC	PA	AC
$m^3 ha^{-1}$						
0 e sem cultivo	413	2.850	54	2.120	324	3.130
0	347	2.850	49	2.120	28	3.130
50	357	2.850	22	2.120	33	3.130
100	392	2.850	28	2.120	44	3.130
200	354	2.850	25	2.120	28	3.130

Claramente, a crotalária foi o cultivo mais eficaz em relação aos demais no controle das perdas de água. Assim, na média dos tratamentos com dejeto aplicado, a redução foi de 99 % em relação à altura de chuva. Isto ocorreu por várias razões. Primeiro, devido às características morfológicas da planta que produziu quantidade de MS expressivamente maior do que as demais (Tabela 5), com consequente maior quantidade de raízes, as quais são mais agressivas no solo em termos de abertura de poros (ALCÂNTARA, 2000). Segundo, por ter sido o terceiro cultivo, em ordem temporal, cujos benefícios ao solo foram somatizados aos das demais culturas, precedentes.

As perdas totais de água ocorridas no período experimental indicam que os tratamentos com cultivo do solo comportaram-se de maneira semelhante entre si, respectivamente de $424 m^3 ha^{-1}$, $412 m^3 ha^{-1}$, $464 m^3 ha^{-1}$ e $407 m^3 ha^{-1}$ nos tratamentos com aplicação de 0, 50, 100 e $200 m^3 ha^{-1}$ de dejeto, estabelecendo-se perdas médias de $527 m^3 ha^{-1}$ (Figura 05). Isto reforça o fato de que a dose de dejeto pouco influenciou as perdas de água, influenciando-as em menor magnitude do que a influência dos cultivos. Em geral, não se verificam diferenças nas perdas totais de água pela aplicação de DLS; essas perdas em geral são mais influenciadas pelo tipo de solo, por seus atributos físicos, pela cobertura do solo e principalmente pelo teor de água no solo, do que propriamente pela dose de dejeto aplicado ao solo (Mecabô Júnior, 2014; Peles, 2007).

Figura 5 - Perdas de água totais ($m^3 ha^{-1}$) somados os três cultivos somados a produção de milheto, aveia e crotalária.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6.3.2 Perdas de Solo

Nos tratamentos que receberam aplicação de DLS, as perdas de solo reduziram-se a valores levemente superior a 0 (zero) $t ha^{-1}$ no terceiro cultivo, o de crotalária (Tabela 6). Na fase inicial de implantação do experimento, ou seja, durante o cultivo do milheto, quando o solo ainda estava praticamente descoberto especialmente na fase inicial da cultura, as perdas de solo equivaleram a 82% do total dos três cultivos, na média dos tratamentos com cultivo (0, 50, 100 e 200 $m^3 ha^{-1}$ de DLS). Isto demonstra o efeito positivo da consolidação do solo e, principalmente, da cobertura provida pela biomassa vegetal das duas primeiras culturas mantida sobre o solo, somados a eficiência da cultura da crotalária, na redução das perdas de solo. A cobertura do solo por resíduos culturais e a ausência de preparo do solo são os dois principais fatores que determinam a redução da erosão no sistema de semeadura direta (BERTOL et al., 2014; SCHICK et al., 2016). Este efeito foi verificado em todos os tratamentos, individualmente, com a mesma tendência. No entanto, a maior redução foi verificada no tratamento dose 0 (zero), em que a redução das perdas de solo ocorridas no terceiro cultivo, em relação às do primeiro, foi de 99,9%, explicada pelo baixo valor

verificado ao final da pesquisa e também pelo alto valor ocorrido na fase inicial, das referidas perdas.

Entre os tratamentos, as maiores perdas de solo foram verificadas no controle (sem cultivo e dose 0 de DLS), seguidas dos tratamentos com cultivo, em ordem decrescente a partir da dose 0 para as doses 100, 200 e 50 $m^3 ha^{-1}$ de dejeto (Tabela 06). A exceção ocorreu na dose 50 $m^3 ha^{-1}$ de DLS que apresentou valores menores de perdas de solo em relação às doses 100 e 200 $m^3 ha^{-1}$, contrariando a lógica. O efeito de dose na redução da erosão foi válido devido ao dejeto ter influenciado a produção de biomassa, embora pouco expressiva, numericamente, exceto para a dose 50 em que outras variáveis, tais como o aumento da macroporosidade (Tabela 6). Também, outras variáveis não controladas, possivelmente influenciaram. As variáveis não controladas poderiam ter sido, por exemplo, aspectos relacionados às condições superficiais do solo não avaliadas, tais como a rugosidade superficial decorrente do preparo inicial. Isto é possível porque a quase totalidade da diferença de perdas de solo deste tratamento para os demais, fora da lógica, deu-se no primeiro cultivo ocorrido imediatamente após o preparo do solo.

Tabela 6 - Perdas de solo por erosão hídrica (PS) e altura de chuva (AC), em cada cultivo, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo

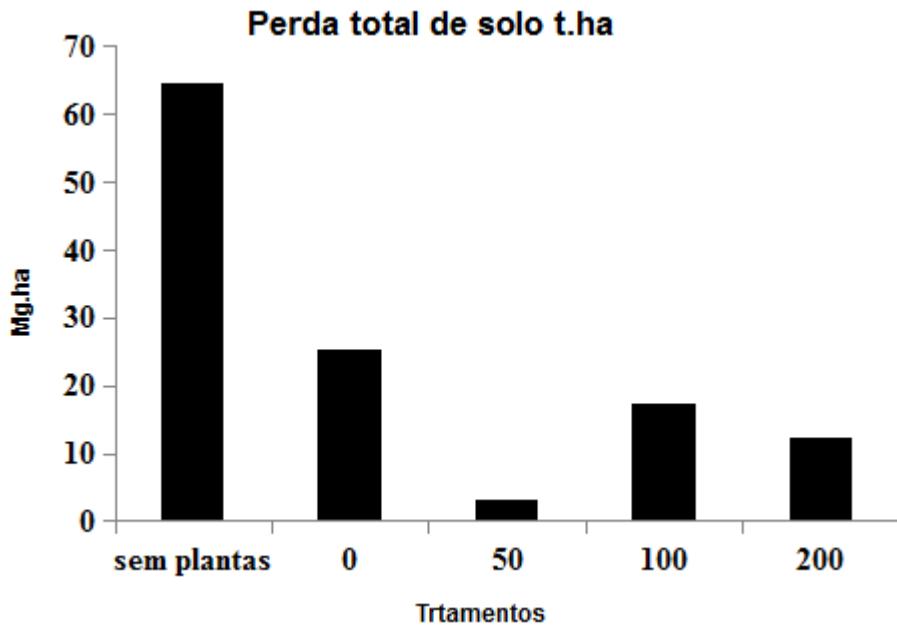
Tratamento (DLS)	Milheto		Aveia		Crotalária	
	PS $m^3 ha^{-1}$	AC $t ha^{-1}$	PS $m^3 ha^{-1}$	AC $t ha^{-1}$	PS $t ha^{-1}$	AC $m^3 ha^{-1}$
0 e sem cultivo	45,964	2.850	11,507	2.120	7,005	3.130
0	17,456	2.850	7,884	2.120	0,016	3.130
50	3,066	2.850	0,123	2.120	0,008	3.130
100	17,095	2.850	0,131	2.120	0,042	3.130
200	10,982	2.850	1,249	2.120	0,040	3.130

Também para o caso das perdas de solo, claramente a crotalária foi o cultivo mais eficaz em relação aos demais no controle dessas perdas. Assim, na média dos tratamentos com dejeto aplicado, as perdas de solo foram da ordem de 0,0265 $t ha^{-1}$ frente a uma altura de chuva de 3.130 mm precipitados durante o desenvolvimento do experimento. Isto ocorreu por várias razões. Primeiro, devido às características morfológicas da planta que produziu quantidade de MS expressivamente maior do que as demais (Tabela 06), com consequente maior quantidade de raízes, as quais são mais agressivas no solo em termos de abertura de

poros (ALVARENGA et al., 1995). Segundo, por ter sido o terceiro cultivo, em ordem temporal, cujos benefícios ao solo foram somatizados aos das demais culturas, precedentes.

As perdas totais de solo ocorridas no período experimental, incluindo os três cultivos, indicam que os tratamentos com cultivo do solo apresentaram perdas de solo distintas entre si, tendo sido de $25,356 \text{ t ha}^{-1}$, $3,197 \text{ t ha}^{-1}$, $17,268 \text{ t ha}^{-1}$ e $12,271 \text{ t ha}^{-1}$ respectivamente nos tratamentos com aplicação de 0, 50, 100 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejeto, estabelecendo-se perdas médias de $14,523 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 06). Isto reforça o fato de que a dose de dejeto influenciou as perdas de solo, numericamente, embora, com menor influência do que aquela ocorrida pelo efeito dos cultivos.

Figura 6 - Perdas totais de solo ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) durante os cultivos de milheto, aveia e crotalária



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6.3.3 Perdas de nutrientes pela água de escoamento superficial

6.3.3.1 Teor dos nutrientes na água da enxurrada

Os teores de Ca, Mg, P e K na água do escoamento superficial praticamente não foram influenciados pelos tratamentos no primeiro cultivo, com exceção da dose $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS (Tabela 7). Assim, os tratamentos testemunha, 0 (zero), 50 e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS não apresentaram diferenças nos teores de nutrientes no escoamento. Na dose $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS,

no entanto, os nutrientes Ca, P e K apresentaram teores na água da enxurrada maiores do que nas demais doses, nas quais ocorreu apenas uma frágil tendência de aumento com o aumento da dose. Isto se justifica em função das quantidades destes elementos no solo serem baixas e além do fato do dejeto também apresentar baixos teores destes elementos na sua constituição.

Tabela 7 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo do milheto, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo.

Tratamento (DLS)	Ca $m^3 ha^{-1}$	Mg ----- cmolc L^{-1} -----	P ----- mg dm^{-3} -----	K
0 e sem cultivo	6,18	1,73	0,12	3,22
0	4,70	1,38	0,31	2,23
50	5,62	1,18	0,80	3,27
100	3,88	1,16	0,29	1,78
200	8,13	1,92	1,40	7,13
CV (%)	36	33	96	69

A partir das aplicações sucessivas de DLS ocorridas do primeiro para o segundo e deste para o terceiro cultivo, observou-se aumento dos teores dos nutrientes na água da enxurrada dos diversos tratamentos que receberam dejeto em relação ao primeiro cultivo (Tabela 07). O teor de P aumentou 10 vezes na água da enxurrada no cultivo da aveia em relação ao do milheto e cinco vezes no cultivo da crotalária também em relação ao milheto, na média dos tratamentos com dejeto. O teor de K, por sua vez, aumentou cinco vezes na aveia e duplicou na crotalária, também comparados com o milheto e na média dos tratamentos com dejeto. No caso do Ca e Mg, praticamente não ocorreram diferenças nos teores destes nutrientes entre o primeiro e o terceiro cultivo, enquanto, no segundo cultivo seus teores foram duas vezes maiores que nos anteriores.

O comportamento dos teores dos nutrientes na água da enxurrada justifica-se pelo efeito combinado do aporte destes nutrientes ao solo. Isto se justifica primeiro pela aplicação de DLS, segundo pela ciclagem destes nutrientes por meio das plantas, em sequência umas às outras e, terceiro, pelas perdas por erosão e por lixiviação. A complexa relação entre essas causas pode explicar o fato dos teores destes nutrientes estarem em valores mais altos no cultivo de aveia em relação ao da crotalária, mesmo tendo esta última cultura recebido uma dose a mais de DLS em relação à anterior. Possivelmente, boa parte destes nutrientes foi extraída do solo e ficou no tecido vegetal na MS da parte aérea da crotalária, no tecido da cultura (não determinado).

Tabela 8 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo da aveia, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo

Tratamento (DLS)	Ca	Mg	P	K
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	----- $\text{cmol}_c \text{ L}^{-1}$ -----		----- mg dm^{-3} -----	
0 e sem cultivo	6,91	1,63	0,92	3,22
0	7,94	1,14	0,46	2,78
50	14,10	2,40	5,93	22,88
100	12,93	1,81	7,98	14,14
200	13,10	2,35	11,83	17,56
CV (%)	32	36	68	40

Os teores dos nutrientes na água da enxurrada dos outros cultivos apresentaram em geral a mesma proporção daquela do primeiro cultivo, mas, menores em valor absoluto dos teores (Tabela 7, 8 e 9).

Tabela 9 - Teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, no cultivo da crotalária, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo

Tratamento (DLS)	Ca	Mg	P	K
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	----- $\text{cmol}_c \text{ L}^{-1}$ -----		----- mg dm^{-3} -----	
0 e sem cultivo	1,59	1,82	0,20	4,37
0	1,22	1,06	0,77	3,99
50	3,27	1,46	2,25	5,20
100	4,82	1,82	4,08	8,12
200	6,90	2,38	9,58	17,24
CV (%)	66,15	28,65	111,94	71,02

Em todos os tratamentos e cultivos estudados, o teor de P na água de escoamento superficial foi superior ao limite permitido pelo CONAMA (BRASIL, 2005), que é de 0,02 mg L^{-1} e de 0,1 mg L^{-1} , respectivamente para ambiente aquático lêntico e lótico. Assim, o aporte de P na água de mananciais pode causar eutrofização se esses limites forem ultrapassados nesses corpos d'água. Valores de teor de P na água de escoamento superficial acima do limite permitido foram verificados por Bertol (2005) e Mocabô Junior et al. (2014), em acordo com o encontrado neste trabalho. Este fato aumenta a preocupação com as perdas de água, pois ao atingirem os recursos hídricos, poderão acarretar sérios problemas ambientais.

6.3.3.2 Perdas totais dos nutrientes na água da enxurrada

As perdas totais de Ca, Mg, P e K na água da enxurrada foram relativamente altas (Tabela 10) em comparação a valores geralmente aplicados no solo, e refletiram o efeito combinado dos teores na água da enxurrada (Tabelas 07, 08 e 09) e das perdas totais de água (Tabela 05). Assim, a dose de DLS $200\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ apresentou as maiores perdas, para os quatro nutrientes, destacando-se o Ca e o K, exceto o nutriente Mg, para o qual a maior quantidade, em termos absolutos, foi perdida no tratamento testemunha.

Tabela 10 - Perdas totais de cálcio, magnésio, fósforo e potássio na água da enxurrada, incluindo o somatório dos cultivos de milheto, aveia e crotalária, em função dos tratamentos representados por dose de dejeto líquido de suínos (DLS) aplicado no solo.

Tratamento (DLS) $\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$	Ca	Mg	P	K
0 e sem cultivo	2.952	830	119	1.602
0	2.035	559	197	1.085
50	2.559	554	634	2.063
100	2.090	581	590	1.611
200	3.201	739	820	2.950
CV (%)	20,05	19,16	63,69	37,57

No caso do Ca, as perdas na dose $200\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de DLS foram 44% maiores do que na média das demais doses (0, 50 e 100 $\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$) e no Mg as perdas foram 31% maiores, enquanto, para o P essa diferença foi de 73% e para o K foi 86%, considerando a comparação entre os tratamentos com cultivo, apenas. Assim, considerando os tratamentos com cultivo do solo, praticamente não houve diferenças numéricas entre as três menores doses estudadas, mas, a maior dose que apresentou as maiores perdas destacou-se como que teria maior potencial de poluição ambiental, em especial no que se refere às perdas de P. Dentre os tratamentos com menor dose de DLS, o de dose $50\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ apresentou os maiores valores de perdas totais de Ca, P e K, com diferenças importantes especialmente para o Ca e o K. Isso indica que outras variáveis influenciaram essas perdas, que não a dose de dejeto. Podendo-se destacar principalmente os altos teores desses nutrientes ocorridos na água da enxurrada nos cultivos de milheto (Tabela 7) e aveia (Tabela 8).

7 CONCLUSÕES

O dejetos líquido de suínos aumenta a produção de biomassa vegetal em área cultivada com o aumento da dose aplicada.

O aumento da dose de dejetos líquido de suínos aplicado no solo aumenta a produção de biomassa vegetal e, com isso, diminui a erosão hídrica, ao final de três ciclos de cultivo; na erosão, as perdas de solo são mais influenciadas do que as perdas de água.

Os teores de ca, mg, p e k na água de escoamento superficial são maiores nos tratamentos com as maiores doses de dejetos líquido de suínos do que naqueles das menores doses; as perdas totais de nutrientes na enxurrada, no entanto, são maiores apenas na dose 200 $m^3 ha^{-1}$ de dejetos do que nas demais.

8 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a continuidade dos trabalhos no experimento localizado no IFC, em Rio do Sul, SC, na parceria entre os servidores do campus de Rio do Sul, e do CAV-UDESC. Sabe-se da importância de construir referências regionais de recomendações para o melhor uso, manejo, e práticas conservacionistas que levem a conservação do solo nas áreas de cultivo. Aliado a este fator e não menos importante, os reflexos deste nas áreas urbanas, onde atualmente as enchentes são frequentes. Os dois processos descritos estão intimamente ligados e geram prejuízos econômicos, ambientais e sociais críticos a toda região do Vale do Itajaí.

9 REFERÊNCIAS

- ARRUDA, C. A. O.; Alves, M. V.; Mafra, P. C. C.; Albuquerque, J. A.; Santos, J. C. P. Aplicação de dejeto suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência & Agrotecnologia**, v.34, p.804-809, 2010.
- ALCÂNTARA, FA de et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, 2000.
- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, 1995.
- AUMOND, J. J. **Reflexões sobre a necessidade de uma nova abordagem na reconstrução dos ecossistemas degradados.** TRES, DR; REIS, A. Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 45-60, 2009.
- BERTOL, Ildegardis et al. Multifractal and joint multifractal analysis of water and soil losses from erosion plots: A case study under subtropical conditions in Santa Catarina highlands. Brazil. **Geoderma**, 2016.
- BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Nutrient losses by water erosion. **Scitia Agronomica**, 60:581-586, 2003.
- BERTOL, I. et al. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 485-494, 2004.
- BERTOL, Oromar João. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2005. 208p. 2005. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo, Ícone, 335p., 1990.
- BORGES, JUNIOR et al. USO, N.-MINERAL NO SOLO. **XX Latin American and XVI Peruvian Congress of Soil Science**.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; NICOLODI, R. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 459-463, 1994.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PADANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.22, p. 527-538, 1998.
- CERETTA, C.J., BASSO, C. A., DURIGON, R., GIROTTTO, N., POLETTI, E. Dejeto líquido de suínos: II-perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, 2005.

CERETTA, C.A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COGO, N.P. **Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope lenght on erosion and related parameters.** West Lafayette, PurdueUniversity, 1981. 346p. (Tese de Doutorado).

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.810-815, 2011.

DAO, T.H. Tillage system and crop residue effect on surface compaction of a paleusoll. **Agronomy Journal**. v.88, p.141-148, 1996.

ELLISON, W.D. Soil erosion studies - Part I: **Agriculture Enginer**. V. 28, p.145-146, 1947.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILERA DE PESQUISA - AGROPECUÁRIA-. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, v. 412, 1999.

FERREIRA, R. R. M., TAVARES FILHO, J., FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out. Dez. 2010.

FOSTER, G.R. & MEYER, L.D. A closed-form soil erosion equation for uplands areas. In: SHEN, H.W., ed. **Sedimentation: symposium to honor professor.** H.A. EINSTEIN. Fort Collins, USDA, 1972. p.1-19.

FOSTER, G.R. **Modeling the erosion process.** In: HAAN, C.T., ed. Hydrologic modeling of small watersheds. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.297- 380. (ASAE Monograph, 5).

GIACOMINI, S. J., AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, n. 1, p. 195-205, 2008.

GOFF, B. F.; BENT, G. C.; HART, G. E. Influence of rainfall intensity on the interrill erodibility of two rangeland soils. **Transactions of the ASAE**, v.37, n.5, p.1445-1448, 1994.

GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C. & AMARAL, A.J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29. p.277-286, 2005.

HALL, D.J.M., MEKENZIE, D.C., MACLEOD, D.A., et al. A melioration of a Hardsetting Alfisol through deep mould board ploughing, gypsum application and double cropping.I. Soil

physical and chemical properties. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v.28, p.253-270, 1994.

HIGGITT, L.C. Soil erosion and soil probles. **Progress in Physical Geography**, v. I, n. 15, p. 91-100, 1991.

HILLESHEIM, Willian Tiago; DE OLIVEIRA NEVES, Leonardo. Análise frequencial e distribuição do temporal das chuvas na região de Rio do Sul/SC. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 119, 2015.

HUDSON, N. W. **Soil conservation**.3. ed. Ames:IowaStateUniversity Press, 1995. 391p.

KONZEN, E. A. et al. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 1997.

LAL, R. & GREENLAND, B.J. **Soil physical properties and crop production in tropics**. Chischester, John Willey, 1979. p.7-85.

LOPES, P.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 11, p.71-75, 1987.

LUCIANO, R. V. BERTOL, I., BARBOSA, F.T., VÁZQUEZ, E.V., FABIAN, E. L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e erva-lhaca. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.33, n.3, p.669-676, 2009.

MAFRA, M. S. H., CASSOL, P.C., ALBUQUERQUE, J.A., CORREA, J.C., GROHSKOPF, M.A., PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejeto líquido de suínos e cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 49, p. 630-638, 2014.

MAGALHÃES, R. A. **Processos erosivos e métodos de contenção**. Ouro Preto: CEEB, 1995.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférreco sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32- 41, 2002.

MURPHY, JAMES; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica chimica acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

MECABÔ JÚNIOR, José et al. Influence of single application pig slurry on water erosion in a typical alfisol under no tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1601-1611, 2014.

MENEZES, Rômulo SC; SALCEDO, Ignácio H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MEYER, L. D. How rainfall intensity affects interrill erosion. **Transactions of the ASAE**, n.24, v. 6, p.1472-1475, 1981.

MEYER, L. O.; WISCHMEIER, W. H. Mathematical simulation of nLB process of soil erosion by water. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.6, p.754-758, 1969.

MEYER, L.D.; FOSTER, G.R. & ROMKENS, M.F.M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**, 1., Oxford, 1972. Proceedings. Oxford, United States Agricultural Research Service, 1975. p.177-189.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 393- 486, 2002.

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 261-268, 2006.

PARANÁ. Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. Curitiba, 1989. 306 p.

PARK, S.W., MITCHELL, J.K., BUBENZER, G.D. Rainfall characteristics and their relation to splash erosion. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n.4, p.795-804, 1983.

PARKER, D. B., MICHEL, T. G., SMITH, J. L., Compaction and water velocity effects on soil in shallow flow. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.121, n.2, p. 170-178, 1995.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 678-695, 2006.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 678-695, 2006.

PRUSKI, F. F. Conservação de água e solos. In: **Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas. Módulo 7**. Brasília-DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV/DEA, 1998. 88p.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006. 240 p.

RAUBER, L. P.; PICCOLLA, C. D.; ANDRADE, A. P.; FRIEDERICH, A.; MAFRA, A. L.; CORRÊA, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A. Physical properties and organic carbon content of a RhodicKandiudox fertilized with pig slurry and poultry litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1323-1332, 2012.

RODRIGUES, Guilherme P.; FERNANDES, ANDRÉ LT. **Produção de matéria seca em pastagem de tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejeto líquido de suíno**. Lupis Drumond, José R. Zanini, Adilson de Aguiar. 2006.

RYDBERG, T. Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.17, p.303-314, 1990.

SANTOS, A. J. **Expansão urbana e desenvolvimento turístico na micro-região da foz do Rio Itajaí-Açu: Reflexos na organização sócio-espacial do bairro da Praia Brava-Itajaí (SC)**. 229p. 2006. Tese de Doutorado. Tese de Pós-Graduação, Curso de Doutorado em Turismo e Hotelaria, Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, SC, Brasil. Disponível em:<http://www6.univali.br/tede/tde_busca/arquivo.php>. Acesso em janeiro de 2017.

SCHERER, E.E., NESI, C. N., MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n.4, p. 1375-1383, 2010.

SERAFIM, Renata Soares. **Produção e composição química da Brachiariabrizantha cv. Marandu adubada com água resíduária de suinocultura**. 2010. vi, 89 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

SCHICK, J.; BERTOLI, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JR., A.A. 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.

SCHICK, Jefferson et al. Erosividade das chuvas de Lages, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1890-1905, 2014.

SILVA, A. P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluationsoil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 83-90, 2003.

SILVA, R. F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 865-871, 2007.

SILVA, R.S., BERTOLLO, G.M., CORASSA, G.M., COCCO, L.B., STEFFEN, R.B., BASSO, C.J. Doses de dejetos líquido de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p. 418-424, 2014.

SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **Journal Soil Water Conservation**, v.32, p.231-236, 1977.

SOUZA, M.D. **Desenvolvimento e Utilização de um Simulador de Chuvas para Estudos de Atributos Físicos e Químicos do Solo Relacionados a Impactos Ambientais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 20p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 37).

TEDESCO, Marino José et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. Boletim técnico, v. 5.

TUCCI, C. E. M. e CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

VALLEJO, A. N. CD28 extinction in human T cells: altered functions and the program of T-cell senescence. **Immunological Reviews**, v. 205, n. 1, p. 158-169, 2005.

VIELMO, H. **Dejeto líquido de suínos na adubação de pastagem de tifton 85**. Curitiba: UFPR, 2008. 125p. Tese de Doutorado. Tese Doutorado.

VOLK, L.B.S.; COGO, N.P. & STRECK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n.28, p.763- 774, 2004.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Trans. Am. Geophys Union**, 39:285- 91, 1958.

WISCHMEIER, Walter H. Et al. **Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning**. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning, 1978.

ZHAO, Y.; WANG P.; LI, J.; CHENE, Y.; YINGF, X.; LIU, S. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.36-42, 2009.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, J. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in Southern China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, 2002.