

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ANA PAULA TOMADON

**APLICAÇÃO DE DEJETO LIQUÍDO DE SUÍNOS COMO ADUBO ORGÂNICO EM
LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO
AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2017

ANA PAULA TOMADON

**APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS COMO ADUBO ORGÂNICO EM
LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Moreira dos Santos
Coorientadora: Dra. Graziela Moraes de Cesare
Barbosa

LONDRINA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Aplicação de dejetos líquidos de suínos como adubo orgânico em LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO para avaliação de impacto ambiental

por

Ana Paula Tomadon

Monografia apresentada no dia 29 de junho de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
(UTFPR)

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro
(UTFPR)

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Dedico aos meus pais, Marileuza e Adeilton, que mesmo distante geograficamente se fizeram sempre presente, me dando todo apoio e suporte para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por todo amor, cuidado e benções sobre a minha vida e por me guiar a tomar as decisões certas.

Aos meus pais, Marileuza e Adeilton, por todo amor, carinho, orações, por todo apoio e incentivo. Obrigada por serem meu suporte e não me deixarem desistir. Aos meus irmãos, Daniel e Gabriel por terem o dom de me alegrarem. Ao meu namorado, Rafael, por todo apoio, amor, compressão e ajuda.

Aos meus amigos e companheiros dessa longa caminhada da faculdade.

Aos meus orientadores e banca, Mauricio Moreira dos Santos, Graziela Moraes de Cesare Barbosa, José Francirlei de Oliveira, Tatiane Cristina Dal Bosco, Edilaine Regina Pereira, Joseane Débora Peruço Theodoro por todo apoio no desenvolvimento deste trabalho. Professor Maurício, obrigada por abraçar esse trabalho e me incentivar sempre, sou muito grata por confiar em mim. Graziela, obrigada pela oportunidade e por confiar essa pesquisa a mim, agradeço por todos esses anos de ensinamentos. José Francirlei, obrigada por dedicar o seu tempo para me explicar coisas que eram óbvias para você, agradeço por toda a paciência e dedicação. Professoras Tati, Mi e Raquel, agradeço muito pelas dicas que você me deram e por terem compartilhado suas experiências em relação a esse trabalho.

Aos meus amigos do IAPAR, Danilo, Gabi, Giovana, Julia e a toda equipe, que me ajudaram no campo e dentro do laboratório. Aprendi muito com vocês e esse trabalho não teria sido o mesmo sem a ajuda de vocês.

Aos profissionais do IAPAR que me auxiliaram na coleta de amostras no campo.

A todos os professores pelos ensinamentos ao longo desses anos.

Enfim, muito obrigada a todos!

RESUMO

TOMADON, A.P. Aplicação de dejetos líquidos de suínos como adubo orgânico em Latossolo Vermelho Distroférico para avaliação de impacto ambiental. 55 p. Monografia (Graduação) – Curso Superior em Bacharelado de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

A utilização de dejetos líquidos de suínos (DLS) vem se destacando como alternativa de adubação em lavouras, porém existem riscos relacionados ao uso inadequado desses resíduos como, por exemplo, a possível contaminação de corpos hídricos por fósforo ou nitrato além de outros elementos por meio do processo de escoamento superficial. Com isso, o objetivo do trabalho consistiu em analisar os impactos ambientais causados pela aplicação sucessiva de DLS através do escoamento superficial e analisar as concentrações de nitrato, amônio, fósforo, potássio, cobre e zinco da água escoada e confronta-las com a Instrução Normativa IAP 105/006 e a Resolução CONAMA 357. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférico, em sistema de plantio direto e rotações de culturas. O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições, divididas em parcelas de 50 m² (10m x 5m). Para este ensaio foram aplicadas doses de DLS antes do plantio da soja. A distribuição do DLS foi calculada de acordo com a exigência da cultura em fósforo e os tratamentos foram: testemunha (T0); adubação com 60 kg de P ha⁻¹ através de fórmula mineral 0-20-20 (TM); aplicação de 60 kg de P ha⁻¹ na forma de DLS (T100) equivalente a 40 m³ha⁻¹; aplicação de 120 kg de P ha⁻¹ na forma de DLS (T200) equivalente a 80 m³ ha⁻¹. Para gerar o escoamento superficial, foi utilizado um simulador de chuva na qual as amostras de escoamento foram coletadas em miniparcelas de 50 x 50 cm a partir de uma chuva de intensidade de 70 mm h⁻¹. A chuva foi simulada 30 dias após aplicação do DLS com três repetições para cada tratamento. A solução escoada foi coletada em recipientes de vidro e encaminhada ao laboratório para as análises químicas. As amostras foram separadas em NPK, Cu e Zn solúveis e particulados. Para as concentrações de nitrato e amônio utilizou-se o método colorimétrico e para as demais utilizou-se leitura direta no ICP – EOS. Confrontando os valores obtidos com a Instrução Normativa IAP 105(2006), os resultados apresentam-se abaixo dos índices permitidos em todos os tratamentos. Em contrapartida, quando comparado os resultados com a Resolução CONAMA 357(2005) Classe 1, os valores para P (0,11, 0,50, 0,63, 0,99 mg L⁻¹ para os tratamentos T0, TM, T100 e T200, respectivamente), Cu (0,013, 0,017, 0,012 mg L⁻¹ para os tratamento T0, TM e T200, respectivamente) e NH₄ (6,9, 4,7, 4,61, 5,12 mg L⁻¹ para os tratamentos T0, TM, T100 e T200, respectivamente) estão acima do limite estabelecido, podendo significar que o DLS possui um potencial poluidor quando aplicado em altas doses.

Palavras-chave: Escoamento superficial. Contaminação ambiental. Legislação ambiental.

ABSTRACT

TOMADON, A.P. Application of pig slurry as organic fertilizer in latossolo vermelho to evaluate environmental impact. 55 p. Monography) - Bachelor in Environmental Engineering. Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2017.

The use of liquid pig slurry (DLS) has been highlighted as an alternative for fertilization in crops, but there are risks related to the inappropriate use of these wastes, such as the possible contamination of water bodies by phosphorus or nitrate in addition to other elements through Of the runoff process. The objective of this work was to analyze the environmental impacts caused by the successive application of DLS through surface runoff and to analyze the concentrations of nitrate, ammonium, phosphorus, potassium, copper and zinc of the drained water and compare them with the Normative Instruction IAP 105/006 and CONAMA Resolution 357. The study was conducted in a Red Latosol Distroferric, under no-tillage system and crop rotations. The experimental design was randomized blocks with four replicates, divided into plots of 50 m² (10m x 5m). For this test, doses of DLS were applied before soybean planting. The DLS distribution was calculated according to the phosphorus requirement and the treatments were: control (T0); Fertilization with 60 kg of P ha⁻¹ through mineral formula 0-20-20 (TM); Application of 60 kg of P ha⁻¹ in the form of DLS (T100) equivalent to 40 m³ha⁻¹; Application of 120 kg of P ha⁻¹ in the form of DLS (T200) equivalent to 80 m³ ha⁻¹. To generate the surface runoff, a rainfall simulator was used in which the flow samples were collected in 50 x 50 cm² miniparcelas from a rain of intensity of 70 mm h⁻¹. Rain was simulated 30 days after application of DLS with three replicates for each treatment. The solution was collected in glass containers and sent to the laboratory for chemical analysis. The samples were separated into soluble and particulate NPK, Cu and Zn. For the nitrate and ammonium concentrations, the colorimetric method was used and for the others, direct reading was used in ICP-EOS. Confronting the values obtained with Normative Instruction IAP 105 (2006), the results are below the indices allowed in all treatments. When comparing the results with CONAMA Resolution 357 (2005) Class 1, the values for P (0.11, 0.50, 0.63, 0.99 mg L⁻¹ for treatments T0, TM, T100 and T200, respectively), Cu (0.013, 0.017, 0.012 mg L⁻¹ for the treatments T0, TM and T200, respectively) and NH₄ (6.9, 4.7, 4.61, 5.12 mg L⁻¹ for treatments T0, TM, T100 and T200, respectively) are above the established limit, which may mean that DLS has a potential pollutant when applied in high doses.

Key words: Surface runoff. Environmental contamination. Environmental legislation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma representando os riscos ambientais relacionados com os dejetos de suínos.....	21
Figura 2 - Perfil de solo típico, constituído, na base para o topo, pela rocha inalterada, saprolito e solum.	24
Figura 3 - Imagem de satélite destacando a localização do IAPAR/Londrina, local onde o experimento foi desenvolvido	26
Figura 4 – Imagem de satélite evidenciando a distribuição dos tratamentos em blocos casualizados com três repetições	28
Figura 5 – Sequência de fotos que mostram a lagoa de recebimento de DLS na granja do município de Ibiporã e trabalhos realizados. (A) e (B) Coleta do DLS; (C) Caminhão utilizado no transporte do DLS; (D) Lagoas de decantação do DLS na granja	29
Figura 6 – Foto do simulador de chuva utilizado no experimento.	30
Figura 7 – Sequência de fotos da simulação de chuva e coleta das amostras. (A) e (B) Coleta das amostras no campo; (C) Amostras no laboratório.....	31
Figura 8 - Esquema demonstrando o procedimento do fracionamento das amostras ...	33
Figura 9 - Foto do equipamento ICP-OES utilizado nas análises.....	34
Figura 10 – Fotos do processo de filtração e extração dos componentes (A) Filtração das amostras; (B) Membranas em solução extratora.....	35
Figura 11 - Gráfico comparativo entre as concentrações encontradas para $N-NO_3^-$ e o limite estipulado pelo CONAMA 357 Classe 1.	38
Figura 12 - Gráfico das precipitações naturais ocorridas durante os 30 dias após a aplicação do DLS	39
Figura 13 – Gráfico comparativo entre as concentrações encontradas para Cu solúvel e o limite estabelecido pelo CONAMA 357 Classe 1.....	45
Figura 14 - Gráfico comparativo entre os tratamentos aplicados e os componentes analisados $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, P e K.....	46
Figura 15 - Gráfico comparativo entre os tratamentos e as concentrações de Cu e Zn.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção média diária de dejetos nas diferentes fases dos suínos.....	18
Tabela 2 - Dosagem dos adubos utilizados no experimento	27
Tabela 3 - Características do DLS aplicado no experimento	30
Tabela 4 - Parâmetro estudados e seus limites perante as leis utilizadas.	32
Tabela 5 - Concentração de Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄ ⁺) e Nitrato (NO ₃ ⁻) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto	36
Tabela 6 - Limites máximos para a concentração de Nitrogênio Amoniacal	37
Tabela 7 - Concentração de Potássio (K) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto	40
Tabela 8 - Concentração e Fósforo (P) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto	40
Tabela 9 - Limite de concentração para P total segundo o CONAMA 357 Classe 1 – águas doces	41
Tabela 10 - Classificação de níveis tróficos de acordo com a concentração de P total .	42
Tabela 11 - Potencial de prejuízo decorrente da produtividade algácea.....	42
Tabela 12 - Concentração de Cobre (Cu) na solução em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto.....	43
Tabela 13 - Concentração de Zinco (Zn) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto	44

LISTA DE ABREVIATURAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CH₄ -

Cu – Cobre

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DLS – Dejeito Líquido de Suínos

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP-OES – *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*

IN – Instrução Normativa

K – Potássio

L – Litros

Mg- Miligramas

N – Nitrogênio

NH₃ – Amônia

N₂O - Óxido nitroso

P – Fósforo

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO MUNDO, NO BRASIL E NO PARANÁ	17
3.2 CARACTERÍSTICAS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	17
3.3 UTILIZAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA AGRICULTURA	18
3.4 RISCOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À APLICAÇÃO DE DEJETOS	20
3.4.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	27
4.3 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	28
4.3.1 CARACTERÍSTICAS DO DLS APLICADO	29
4.5 COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	30
4.7 ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA DE ESCOAMENTO	33
4.7.1 DETERMINAÇÃO DE P, K, CU E ZN SOLÚVEIS	34
4.7.2 DETERMINAÇÃO DE NITRATO (N-NO ₃ ⁻) E AMÔNIO (N-NH ₄ ⁺) SOLÚVEIS	34
4.7.3 DETERMINAÇÃO DE NPK, CU E ZN PARTICULADOS	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 ARRASTE DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	36
5.2 ARRASTE DE COBRE E ZINCO POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO SOLO	43
5.3 ANÁLISE GERAL DOS COMPONENTES	45
6 CONCLUSÃO	48
7 REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Muitas leis vêm sendo implantadas como forma de garantir um desenvolvimento sustentável, buscando-se um processo de reeducação ambiental nos setores produtivos. Com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), iniciou-se uma mudança de concepção das questões ambientais no Brasil, uma vez que esta estabelece padrões para um desenvolvimento sustentável, garantindo maior proteção ao meio ambiente (BRASIL, 1981).

A resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 em seu Artigo 1º estabelece que qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam, dentre outros, a saúde, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais, são considerados impactos ambientais (CONAMA, 2014).

Atualmente, discutir sobre a suinocultura no Brasil implica em considerar seu impacto ambiental devido, principalmente, à grande quantidade de dejetos que é produzido em uma pequena área por conta do sistema de confinamento utilizado. De acordo com EMBRAPA (2002), cada suíno produz em média 8 litros de dejetos por dia, trazendo um problema de geração de resíduos.

A suinocultura possui grande representatividade na economia nacional. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), em 2015 ocorreu o maior abate de suíno já registrado, atingindo 39,26 milhões de cabeças e 3,43 milhões de toneladas, sendo que 59% dessa produção é feita por agricultura familiar.

Com a grande produção de suínos, os resíduos gerados necessitam de um destino correto, levando a utilização desse dejetos como adubo orgânico. Essa alternativa vem se destacando como uma forma de destinação final desse dejetos, podendo ser utilizada como fonte de nutrientes em culturas produtoras de grãos (SEGANFREDO, 2007). O dejetos líquido de suíno (DLS) é constituído por fezes, urina, restos de ração e água proveniente da limpeza de instalações. Trata-se de um resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes. Desse modo, a aplicação de DLS em solos

agrícolas vem se tornando uma prática comum no meio rural, por ser vista como uma forma de reciclagem deste material.

Visto que a aplicação do DLS em solos agrícolas é uma prática bastante utilizada no Brasil, faz-se necessário estudar os impactos ambientais, destacando a poluição difusa. Em áreas rurais, esse tipo de poluição ocorre, em grande parte, devido ao escoamento superficial, sendo associada aos sedimentos, aos nutrientes (devido as aplicações de adubos) e aos defensivos agrícolas.

Nos estudos sobre escoamento superficial, é comum a utilização de simuladores de chuva. Esses equipamentos são utilizados no campo para a simulação de um evento natural de precipitação, onde a intensidade e duração da chuva são controladas. Para este trabalho, um experimento foi implantado em parcelas de um solo representativo e com classificação pedológica predominante da região Norte do Paraná, dentro da área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná em Londrina - IAPAR.

Assim, este trabalho busca verificar o potencial poluidor do dejetos líquido de suínos, aplicado como adubo orgânico, por meio do escoamento superficial durante o cultivo da soja por meio das concentrações de NPK, Cu e Zn.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial poluidor do DLS após sucessivas aplicações como adubo orgânico em solos agricultáveis, por meio de coleta de escoamento superficial realizada com um simulador de chuva em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cobre e zinco na solução de escoamento superficial no solo em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos por meio da simulação de chuva durante o plantio da soja.
- Comparar as concentrações encontradas de nitrogênio, fósforo, potássio, cobre e zinco na solução de escoamento superficial com a Instrução Normativa IAP/DIRAM 105 (2006) e com a Resolução CONAMA 357 (2005) Classe 1 – águas doces.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de suínos no mundo, no Brasil e no Paraná

No contexto mundial, a produção de suínos foi de aproximadamente 1,3 bilhões de cabeças em 2016. O Brasil ocupa a quarta posição do ranking mundial, e segundo a confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil o país deve permanecer nessa posição até 2018.

No Brasil, o IBGE mostra que em 2016 foram abatidos 42,32 milhões de cabeças de suínos, representando um aumento de 7,8% em relação ao ano de 2015. Isso mostra um crescimento ininterrupto dessa atividade, atingindo um patamar recorde. A Região Sul foi responsável por 66,1% do abate nacional, seguido pela região Sudeste (18,6%).

Do abate de 3,05 milhões de cabeças de suínos a mais em 2016, o Estado do Paraná respondeu por mais de 38% desse valor, ficando na segunda posição entre os estados brasileiros que mais abatem suínos. Na comparação entre os anos de 2015 e 2016, o estado elevou o abate de suínos em 15,1% superando o valor atingido pelo Rio Grande do Sul, ficando atrás apenas de Santa Catarina.

3.2 Características do dejetos líquido de suínos

De acordo com a EMBRAPA (1998), grande parte dos sistemas de produções de suínos existentes no Sul do Brasil, propicia elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental. A concepção das edificações, alimentação, tipo de bebedouros, sistema de limpeza e manejo influenciam nas características e o volume total dos dejetos produzidos.

No manual de manejo de dejetos desenvolvido pela EMBRAPA (1998), encontra-se a importância de conhecer a quantidade total de dejetos produzidos por um suíno em determinada fase do seu desenvolvimento, pois é um dado fundamental para o planejamento das instalações de coleta e estocagem, e para a definição dos equipamentos a serem utilizados para o transporte e distribuição do mesmo na lavoura.

As quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade), ambientais (temperatura e umidade) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína). Na Tabela 1 são apresentadas as quantidades de dejetos que são produzidos em cada fase de desenvolvimento do suíno.

Tabela 1 - Produção média diária de dejetos nas diferentes fases dos suínos

Categoria	Esterco (kg dia⁻¹)	Esterco + urina (kg dia⁻¹)	Dejetos líquidos (L dia⁻¹)
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira ,1993

Os produtores de suínos buscam o máximo desempenho animal, com isso, as dietas são formuladas considerando apenas o ganho de peso e não o que é excretado pelo animal. Em consequência disso, as dietas com alta suplementação resultam em uma quantidade excessiva de nutrientes excretados pelos animais (NRC, 1998).

3.3 Utilização de dejetos líquidos de suínos na agricultura

A utilização de dejetos de animais tem sido prática mundial. De acordo com Medeiros et al. (2008) as maiores vantagens do aproveitamento desses dejetos são sua grande disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) além de auxiliar na preservação do meio ambiente.

Entretanto, nas pequenas propriedades rurais da região Sul do Brasil, a predominância da atividade suínica trouxe como consequência a limitação de área

para a aplicação do DLS, sendo usual a prática de aplicações sucessiva desses dejetos numa mesma área (SANTOS, 2010).

O dejetos líquido de suínos possui teores de carbono, nitrogênio, fósforo, cobre, sódio, zinco, dentre outros, que podem se tornar poluentes, em concentrações suficientemente altas para causarem desequilíbrio ecológico quando dispostos inadequadamente no solo, porém, desde que bem monitorada, a utilização agrícola surge como alternativa para o seu descarte, com o benefício da reciclagem de nutrientes para as culturas (CAVALLET et al., 2006). O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela maioria das culturas e também é o nutriente encontrado em maior concentração no DLS, já que 60 a 70% do nitrogênio ingerido pelos animais é excretado em suas fezes e urinas (OLIVEIRA; MATTIAZO, 2001).

O dejetos de suínos, por conter nutrientes e matéria orgânica que influenciam positivamente nas características químicas, físicas e biológicas do solo tendo um potencial para melhorar a produtividade das culturas (COOKE et al., 2001, FACTOR et al., 2008). No entanto, Queiroz et al. (2004) descrevem que as perdas dos nutrientes liberados pelo resíduo podem contaminar os mananciais subterrâneos ou serem carregados em superfície para rios e lagos, degradando a qualidade dos ecossistemas aquáticos.

Em relação à produtividade, Sartor et al. (2012), constataram melhoria da produtividade das culturas de milho, feijão, soja e trigo, após aplicação semestral de DLS por seis anos. Pinto et al (2014) também observaram um aumento na produtividade de grãos das culturas de aveia e milho com a utilização de dejetos de suínos.

Barros et al. (2005) destacaram que as quantidades e as frequências com que os dejetos de animais podem ser aplicados ao solo devem estar associadas com o tipo de solo, com a natureza e a composição dos resíduos, com as condições climáticas e com a espécie vegetal cultivada. Essas variáveis devem ser consideradas na aplicação de dejetos de suinocultura no solo a fim de evitar a poluição difusa relacionada às perdas de nutrientes por escoamento superficial e lixiviação de íons no solo.

Para que esses resíduos possam ser utilizados como fertilizantes orgânicos, é indicado que eles passem por algum tipo de tratamento. No Brasil, a forma mais usual

de manejo desses dejetos é o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas. Para as esterqueiras, que nada mais é que uma espécie de depósito, o tempo de armazenamento recomendando para a estabilização da matéria orgânica e inativação de patógenos é em torno de 120 dias, podendo ter algumas variações de acordo com a legislação estadual (KUNZ et al., 2005). Na prática, esse tempo de retenção hidráulica dos dejetos não é seguido. Na pesquisa desenvolvida por Corrêa et al. (2008), com alguns produtores de suínos no oeste catarinense, verificou-se que o tempo máximo de retenção praticado é de 40 dias. Outro ponto crítico demonstrado nessa pesquisa é em relação às licenças ambientais, apenas um, dos oito produtores entrevistados, possuía licença de operação.

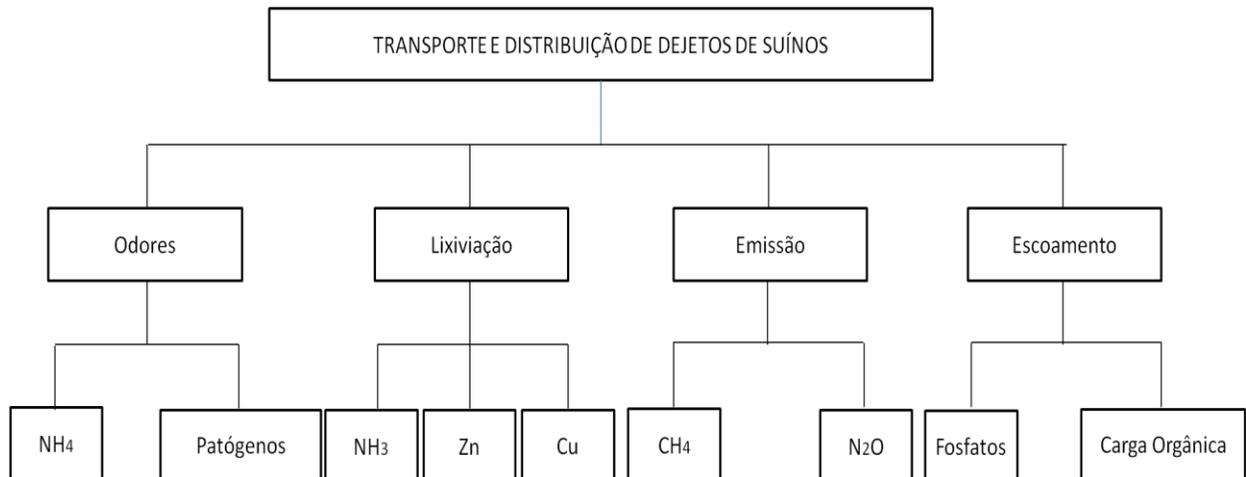
Dartora et al. (1998) apontam que os sistemas de tratamento de dejetos exigidos pela atual legislação ambiental (esterqueiras e lagoas), nem sempre são garantia de eliminação do impacto ambiental causado pela suinocultura, além de possuírem um custo de implantação superior a capacidade de investimento dos produtores.

3.4 Riscos ambientais relacionados à aplicação de dejetos

De acordo com Pereira et al. (2009) a suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, uma atividade de grande potencial poluidor, pois seu efluente pode representar uma fonte potencial de contaminação e degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo. Dessa forma, esses empreendimentos necessitam de licenciamento do órgão ambiental para que respeitem as condicionantes estabelecidas na licença ambiental e que o descumprimento possa ser definido como uma irregularidade (SANTOS, 2010).

Quando não tratados, o DLS traz preocupações em relação ao meio ambiente. Os principais problemas encontrados estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma representando os riscos ambientais relacionados com os dejetos de suínos.



Fonte: Adaptado de Oliveira 2003

A qualidade da água tem sido o foco de eventos mundiais, sendo a agricultura e a produção animal apontadas como fontes do problema. A produção animal pode contribuir para a poluição das águas de três formas: pela lixiviação de nutrientes, tanques de armazenamento impróprios ou devido ao escoamento superficial (BASSO, 2003).

A lixiviação do nitrogênio aplicado via DLS diminui o potencial fertilizante do dejetos, pois o N-NO_3^- lixiviado pode atingir o lençol freático, comprometendo a qualidade da água subterrânea. Outras formas de perda de nitrogênio são por meio da volatilização da amônia, desnitrificação e por escoamento superficial (SANTOS, 2010). Para o fósforo, embora possa existir a possibilidade de perda por lixiviação, a principal perda se dá pelo escoamento superficial. Dessa forma, o manejo desse dejetos no campo influenciará na eficiência no uso desses nutrientes pelas plantas e nos riscos ambientais que eles apresentam (BASSO, 2003).

O fósforo tem sido um dos elementos mais estudados em relação à contaminação ambiental, pois ao atingir corpos hídricos ele é responsável pelo processo de eutrofização (GIROTTO, 2007). O caminho que esse nutriente percorre até chegar a uma rede de drenagem é em função do escoamento superficial, sendo que a perda do fósforo é influenciada pela quantidade aplicada, método de aplicação do

dejeito, intensidade da chuva e intervalo entre a aplicação e o escoamento superficial (SANTOS, 2010).

Uma pesquisa realizada por Ceretta et al. (2003), aponta um aumento de 6,7% nos teores de fósforo nos solos no período de 48 meses com aplicações de 40 m³ de DLS em intervalos de 45 a 60 dias, alertando sobre o problema de acúmulo desse nutriente no solo devido à aplicação contínua de dejetos.

Em outro trabalho realizado por Ceretta et al. (2005) utilizando doses de DLS de 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹, verificou-se que as concentrações de fósforo disponível e nitrogênio mineral na solução escoada foram diretamente relacionadas com as doses de dejetos aplicadas.

Em relação ao potássio, Bertol et al. (2011) aplicando 60 m³ de DLS em um LATOSSOLO Vermelho eutroférico observaram um aumento na concentração de potássio solúvel na solução escoada. Já para o potássio total não foi observado uma diferença significativa entre os diferentes tratamentos utilizados.

O Cu e o Zn encontrados no DLS são provenientes dos suplementos minerais adicionados à ração dos suínos (JONDREVILLE et al, 2003). No solo, estes elementos podem acumular de diferentes formas como solúvel em água, trocável, ligado a óxidos, ligado a carbonatos ou ligados à matéria orgânica (SODRÉ et al, 2001). Em um estudo feito por Santos (2010), não se detectou Cu disponível no percolado após aplicação de diferentes dosagens de DLS. No entanto, houve um aumento na concentração de Zn encontrado no percolado.

De acordo com o Código Florestal Federal na Lei 12.651/2012 para áreas que tenham empreendimentos, incluindo processo de armazenagem e tratamento, além da disposição final de dejetos, deve situar-se a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente (BRASIL, 2012). Já a Resolução CONAMA 430/2011 sobre condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água (complementa e altera a Resolução nº 357/2005), em seu Artigo 2º, estabelece que para realizar a disposição de efluentes no solo, mesmo que tratados, estes devem ser submetidos a um plano específico e programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea, aprovados pelo órgão competente.

O Instituto Ambiental do Paraná (2009) afirma em sua Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006 que a aplicação de dejetos de suínos no solo para fins agrícolas trata-se de uma forma adequada de disposição final dos dejetos de suínos, desde que passem por um processo de estabilização. Para aplicação dos dejetos no solo para fins agrícolas, devem ser atendidos, no mínimo, os critérios estabelecidos sobre os aspectos ambientais do solo como relevo, profundidade, textura e drenagem, por serem passíveis de degradação ocasionada pela aplicação dos dejetos.

3.4.1 Escoamento superficial

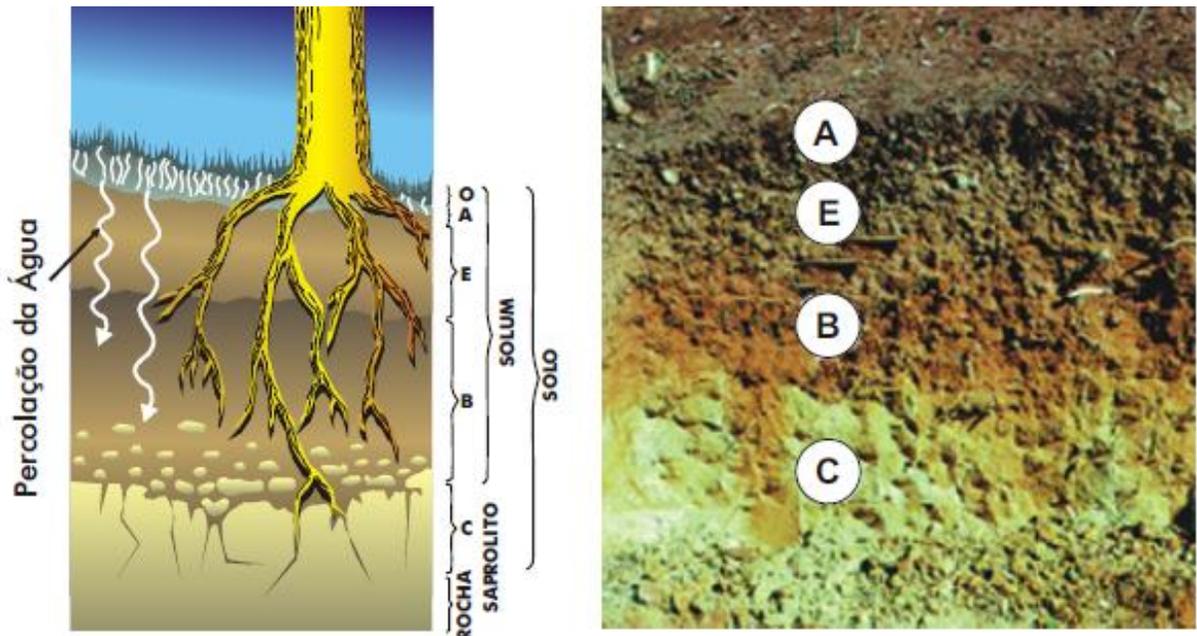
De acordo com Dal Bosco (2011) o escoamento superficial é um processo de desprendimento e arraste de água e partículas do solo. Esse fenômeno transporta também alguns nutrientes, matéria orgânica, sementes, desta forma, promovendo o empobrecimento gradativo dos solos.

O processo de escoamento superficial ocorre quando o volume de precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração do solo. As substâncias que serão transportadas dependem da condição da área ao redor, podendo ser alteradas por áreas agrícolas que sofrem com manejo inadequado (SANTOS e FIGUEIREDO, 2009)

Santos e Figueiredo (2009), ainda apontam que as propriedades do solo influenciam a transferência dos nutrientes para o ecossistema aquático, sendo que as alterações provocadas pelo homem podem alterar parte do ciclo hidrológico quanto à quantidade e qualidade da água.

O LATOSSOLO VERMELHO é um dos solos característicos na região norte do Paraná, sendo considerado um dos solos mais completos por possuir todos os horizontes, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Perfil de solo típico, constituído, na base para o topo, pela rocha inalterada, saprolito e solum.



Fonte: Decifrando a Terra (2000).

Os fatores climáticos também exercem influência sobre o escoamento superficial, destacam-se a intensidade e a duração da chuva, pois quanto maior a intensidade, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de máxima de infiltração e quanto maior a duração da chuva haverá maior possibilidade de escoamento (CARVALHO; SILVA, 2006). Os autores apontam também fatores fisiográficos como influenciadores, sendo eles a área, forma, permeabilidade, capacidade de infiltração e topografia da bacia.

Nesse contexto, as chuvas precipitadas na Bacia Hidrográfica irão carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um elemento integrador do processo de escoamento superficial (MERTEN; MINELLA, 2002).

Segundo Mota (2008), a qualidade da água de um manancial está relacionada com as atividades que são desenvolvidas no seu entorno. A mesma depende do uso do solo nas áreas próximas, da sua bacia e do seu uso.

Na utilização de dejetos, o escoamento superficial pode ser ocasionado pelas altas quantidades de adubos aplicados, somados a relevos acidentados ou até mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura vegetal e baixa

permeabilidade. Por isso, quantidades significativas de constituintes desses dejetos, como o nitrogênio e fósforo podem ser perdidas por escoamento (CERETTA et al., 2005).

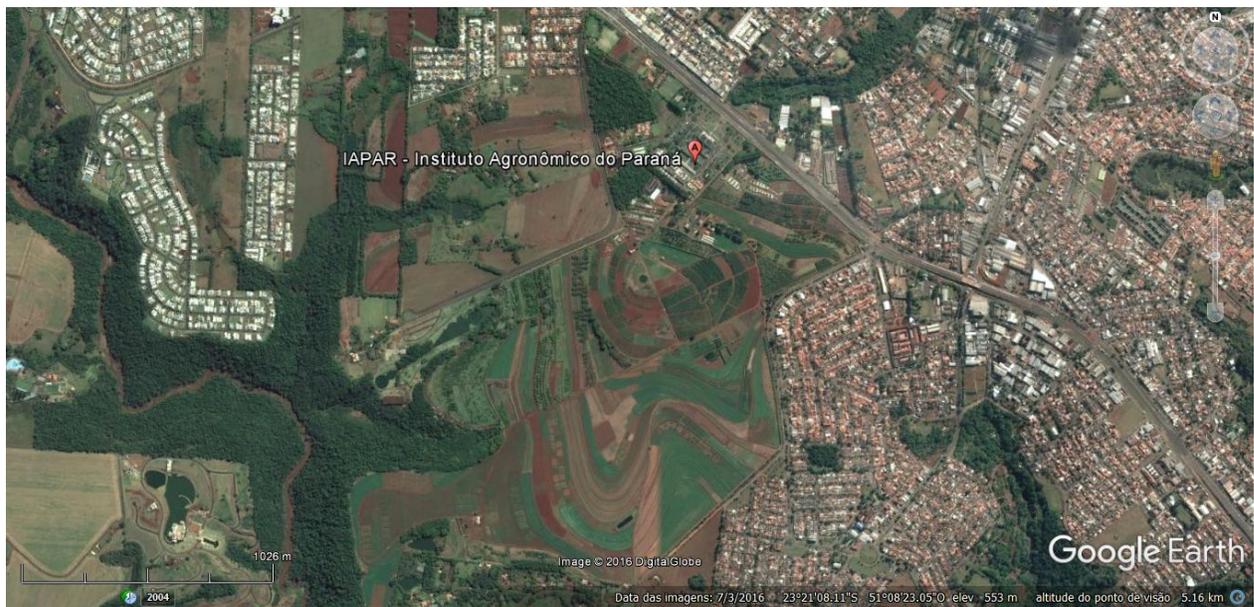
O transporte de nutrientes no escoamento superficial pode ser alterado nas áreas agrícolas onde não há o manejo adequado do solo. Associado a isso, a descarga de nutrientes em recursos hídricos pode ser acelerada pela erosão hídrica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O experimento está implantado na sede do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/Londrina - PR, cuja localização é, latitude 23°21'03" S; longitude 51°09'12" O e altitude de 544 metros (Figura 2). O solo possui textura muito argilosa e é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (EMBRAPA, 2006).

Figura 3 - Imagem de satélite destacando a localização do IAPAR/Londrina, local onde o experimento foi desenvolvido



Fonte: Google Earth

O clima região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

4.2 Descrição do experimento

O experimento teve início no ano de 2008, desde então a adubação, seja ela orgânica ou mineral, para cada parcela é calculada de acordo com a exigência de Nitrogênio (para as gramíneas) ou de Fósforo (para as leguminosas) para as culturas implantadas. Na área, são realizadas rotações de culturas, no verão são plantadas soja e milho e durante o inverno são cultivadas aveia, trigo ou mistura de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca.

Os tratamentos utilizados nas parcelas de solo consistem em: testemunha (T0); adubação com 60 kg de P ha⁻¹ através de fórmula mineral (TM); aplicação de 60 kg de P ha⁻¹ na forma de DLS (T100); aplicação de 120 kg de P ha⁻¹ na forma de DLS (T200) conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Dosagem dos adubos utilizados no experimento

Tratamentos	Dose de adubação química	Dose de adubação orgânica (DLS)
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha (T0)	0	0
Mineral (TM)	60	0
100% de DLS (T100)	0	60
200% de DLS (T200)	0	120

Fonte: A autora (2016)

Antes da aplicação é determinada a concentração de nutrientes presentes no DLS para assim calcular o volume de dejetos a ser aplicado. A aplicação é realizada na superfície do solo com o auxílio de regadores.

A adubação foi aplicada em parcelas de 50 m² (10 x 5 m) (Figura 3). O delineamento experimental foi em blocos casualizados e foram realizadas três repetições para cada tratamento. As doses de DLS foram aplicadas antes do plantio da soja. O experimento teve duração de 30 dias.

Figura 4 – Imagem de satélite evidenciando a distribuição dos tratamentos em blocos casualizados com três repetições



Legenda:

T0 : Testemunha T100: 100% de P da forma de DLS
 TM: Adubação mineral T200: 200% de P na forma de DLS

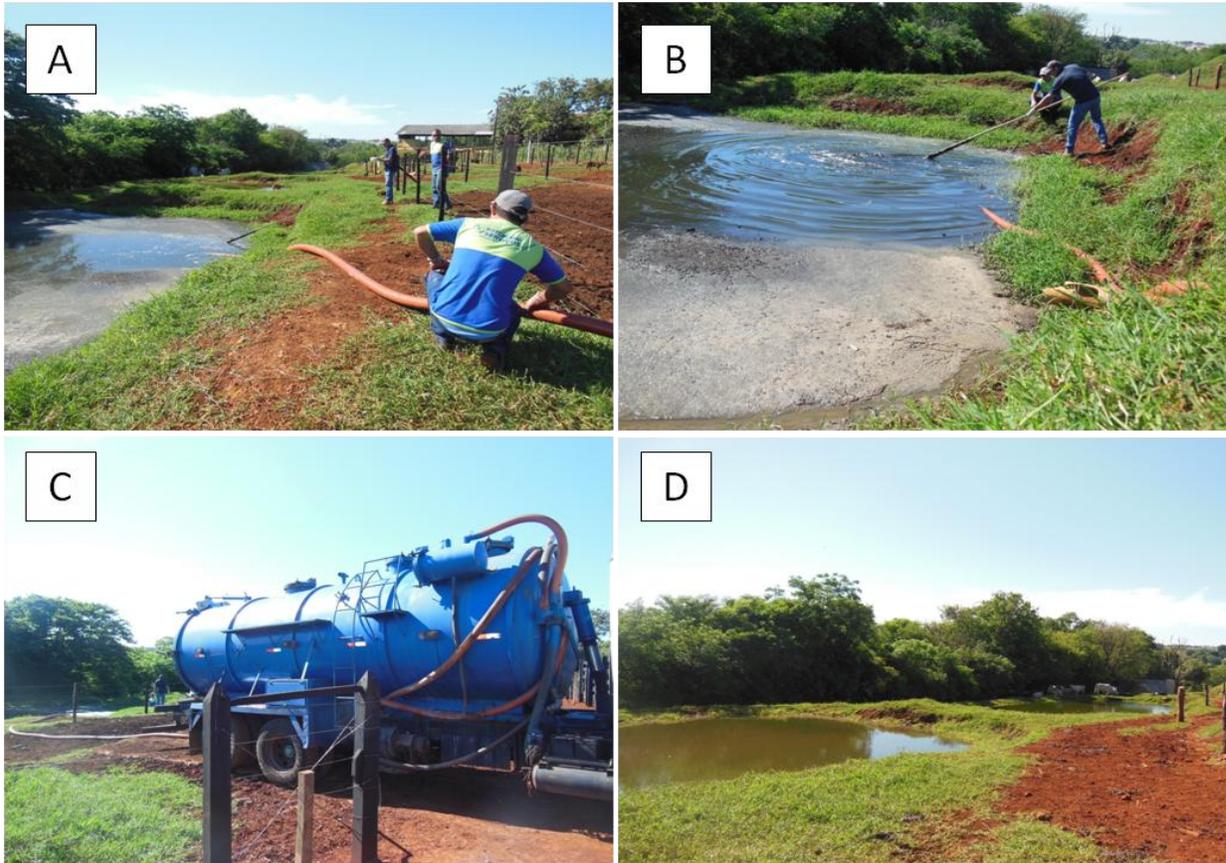
Fonte: Adaptado do Google Earth

4.3 Coleta e Caracterização do Dejeto Líquido de Suínos

O DLS foi coletado em uma propriedade próxima ao município de Ibiporã – PR. A granja produz suínos de todas as fases, desde o crechário (fase em que os leitões são retirados da maternidade) até a fase de terminação (fase em que os leitões são retirados da recria). Todos os dejetos produzidos, inclusive a água de lavagem do local, restos de ração, urina e pelos, são encaminhados para uma lagoa localizada ao lado da granja.

A coleta do DLS foi realizada na primeira lagoa, a qual recebe o dejetos que sai direto da granja (Figura 4). Foi realizada uma homogeneização, do material antes da retirada.

Figura 5 – Sequência de fotos que mostram a lagoa de recebimento de DLS na granja do município de Ibiporã e trabalhos realizados. (A) e (B) Coleta do DLS; (C) Caminhão utilizado no transporte do DLS; (D) Lagoas de decantação do DLS na granja



Fonte: A Autora (2016)

4.3.1 Características do DLS aplicado

Antes da aplicação do DLS em toda área experimental, coletou-se uma amostra para análise dos elementos químicos presentes. A análise foi realizada no laboratório de solos do IAPAR, e os valores são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Características do DLS aplicado no experimento

	Peso Seco	N	P	K
	g L⁻¹			
Quantidades	13,7	1,18	5,63	0,45

Fonte: A autora (2017).

4.5 Coleta do Escoamento Superficial

Para gerar o escoamento superficial, foi utilizado um simulador de chuva. Esse equipamento foi descrito por Roth (1985) e consiste em um reservatório de aço inox, onde o fundo apresenta 1849 furos de 0,5mm de diâmetro (Figura 5). O princípio de funcionamento é o de vasos comunicantes.

Figura 6 – Foto do simulador de chuva utilizado no experimento.



Fonte: A autora (2016).

Para a coleta da solução de escoamento superficial, fixou-se uma mini parcela feita de metal com dimensão de 50 x 50 cm dentro de cada parcela e simulou-se uma chuva com intensidade de 70 mm h^{-1} durante uma hora (Figura 6). A escolha da intensidade da chuva deu-se por ela representar a média das chuvas recorrentes na região.

A chuva foi simulada 30 dias após aplicação do DLS com três repetições para cada tratamento. A solução escoada foi coletada em recipientes de vidro, encaminhadas até o laboratório e acondicionadas em refrigerador.

Figura 7 – Sequência de fotos da simulação de chuva e coleta das amostras. (A) e (B) Coleta das amostras no campo; (C) Amostras no laboratório.



Fonte: A Autora (2016)

4.6 Legislação Aplicada à Contaminação dos Recursos Hídricos e Cenários Hipotéticos

Uma das legislações que serão utilizadas no trabalho é a Instrução Normativa do 105/006 do IAP, que estabelece padrão de lançamento de DLS em corpos hídricos. Esta IN tem por finalidade estabelecer características dos empreendimentos, critérios, procedimentos, trâmite administrativo, níveis de competência e premissas para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura.

Já a Resolução CONAMA 357(2005) estabelece uma classificação dos corpos hídricos e dá condições e padrões de qualidade das águas. Esta Resolução classifica os corpos de água em classe especial; águas doces classe 1, 2, 3 e 4; águas salinas classe 1, 2 e 3; águas salobras classe 1, 2 e 3. Para este trabalho, será utilizado os padrões estabelecidos para a classificação de águas doces classe 1 e classe 2.

Tabela 4 - Parâmetro estudados e seus limites perante as leis utilizadas.

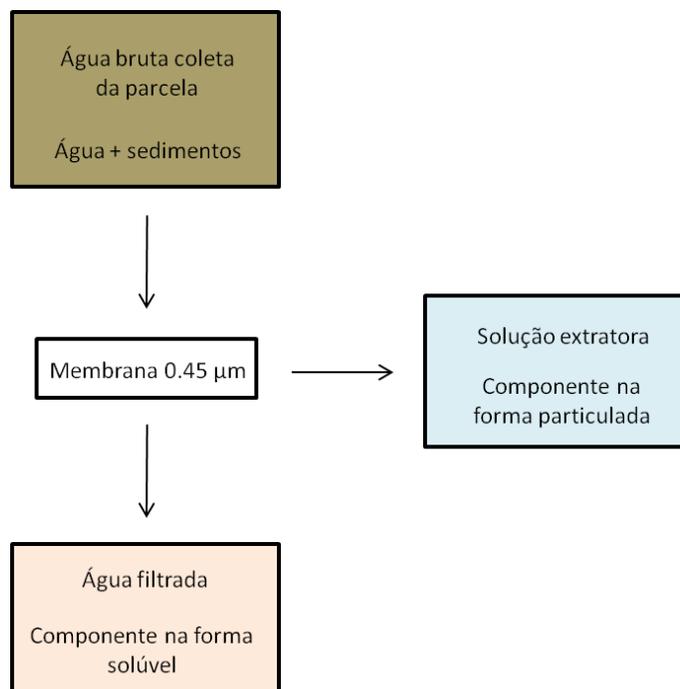
	IAP 105 (2006)	CONAMA 357(2005) Classe 1	CONAMA 357(2005) Classe 2
Nitrogênio Amoniacal total	20,0	3,7 para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 para $7.5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 para $8.0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 para $\text{pH} > 8,5$	3,7 para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 para $7.5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 para $8.0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 para $\text{pH} > 8,5$
Nitrato total	-	10,0	10,0
Fósforo total	-	0,020 (Ambiente lântico) 0,025 (Ambiente intermediário) 0,100 (Ambiente lótico)	0,030 (Ambiente lântico) 0,050 (ambiente intermediário) 0,100 (Ambiente lótico)
Cobre total	1,0	-	-
Cobre solúvel	-	0,009	0,009
Zinco total	5,0	0,18	0,18

Também serão criados cenários hipotéticos a fim de comparar os resultados obtidos com as legislações citadas acima.

4.7 Análises Químicas da água de escoamento

As amostras de água bruta escoada de cada parcela foram encaminhadas ao laboratório para serem filtradas conforme Figura 7. Para as análises utilizou-se metodologia proposta pelo laboratório de solos do IAPAR.

Figura 8 - Esquema demonstrando o procedimento do fracionamento das amostras



Fonte: a Autora (2017).

Na água filtrada foram analisados NPK, Cu e Zn na forma solúvel. No sedimento retido na membrana foram analisados NPK, Cu e Zn na forma particulada.

4.7.1 Determinação de P, K, Cu e Zn Solúveis

Para a determinação dos componentes solúveis, foi necessária a filtração em membrana de 0,45 μm da amostra escoada da superfície do solo. Após a filtração, retirou-se uma alíquota de 10 mL da solução para leitura direta (ICP-OES) (Figura 8). O diferencial desse equipamento é a capacidade de leitura por espectrometria de emissão óptica com plasma induzido em um maior intervalo de comprimento de onda, sendo possível determinar a concentração de vários elementos.

Figura 9 - Foto do equipamento ICP-OES utilizado nas análises



Fonte: A Autora (2016)

4.7.2 Determinação de Nitrato (N-NO_3^-) e Amônio (N-NH_4^+) Solúveis

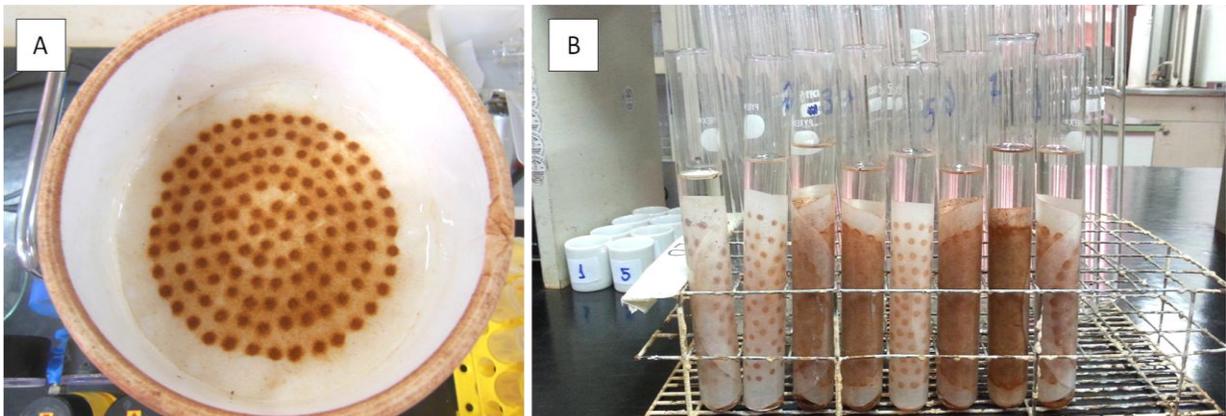
O nitrato e o amônio foram determinados a partir do método colorimétrico (PAVAN et al., 1992), adicionando-se três soluções nas amostras, sendo elas: ácido

salicílico, nitroprussiato de sódio a 0,1% e hipoclorito de sódio a 0,15%. A leitura foi feita no espectrofotômetro após uma hora de repouso das amostras.

4.7.3 Determinação de NPK, Cu e Zn Particulados

Como a filtração das amostras foi realizada com membrana, foi possível fazer uma análise do sedimento retido na membrana. Para isso, as membranas foram mergulhadas em uma solução extratora para que o soluto presente fosse transportado para a solução. Após a extração, a leitura foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma induzido. Para o nitrato e amônio particulados foi utilizado o método colorimétrico e após leitura direta no espectrofotômetro.

Figura 10 – Fotos do processo de filtração e extração dos componentes (A) Filtração das amostras; (B) Membranas em solução extratora



Fonte: A autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Arraste de nitrogênio, fósforo e potássio na solução de escoamento superficial

A maior concentração de N-NH_4^+ perdido por arraste superficial está na forma de N-NH_4^+ particulado, ou seja, ligado ao sedimento, enquanto que o N-NO_3^- é perdido na forma solúvel (Tabela 4). O resultado pode ser explicado pelas cargas destes compostos, como a carga do amônio é positiva tende a ser mais ligada à partícula da argila, enquanto o nitrato tende a ter mais afinidade com a água, por isso é mais facilmente arrastado no escoamento superficial.

Tabela 5 - Concentração de Nitrogênio Amoniacal (N-NH_4^+) e Nitrato (NO_3^-) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto

	N-NH_4^+ Solúvel⁽¹⁾ mg L ⁻¹	N-NH_4^+ Particulado⁽¹⁾ mg kg ⁻¹	N-NO_3^- Solúvel⁽¹⁾ mg L ⁻¹	N-NO_3^- Particulado⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Testemunha (T0)	6,09	10,35	8,31	9,29
Adubação Química (TM)	4,70	16,35	9,92	7,44
100% de DLS (T100)	4,61	17,77	8,56	6,42
200% de DLS (T200)	5,12	19,47	15,33	11,50

⁽¹⁾ Valores médios encontrados

Comparando os valores encontrados neste trabalho para N-NH_4^+ solúvel com os valores da Instrução Normativa 105/006 do IAP para N-NH_4^+ total tem-se que os mesmos estão abaixo do limite permitido que é de 20 mgL⁻¹. Em contra partida, analisando a Resolução CONAMA 357(2005) para classe 1 e 2 – águas doces, os mesmos valores são considerados acima do limite máximo (Tabela 5), representando a possibilidade de um risco para o corpo hídrico. A Resolução CONAMA é mais restritiva em relação aos parâmetros, pois ela analisa os componentes dissolvidos no corpo

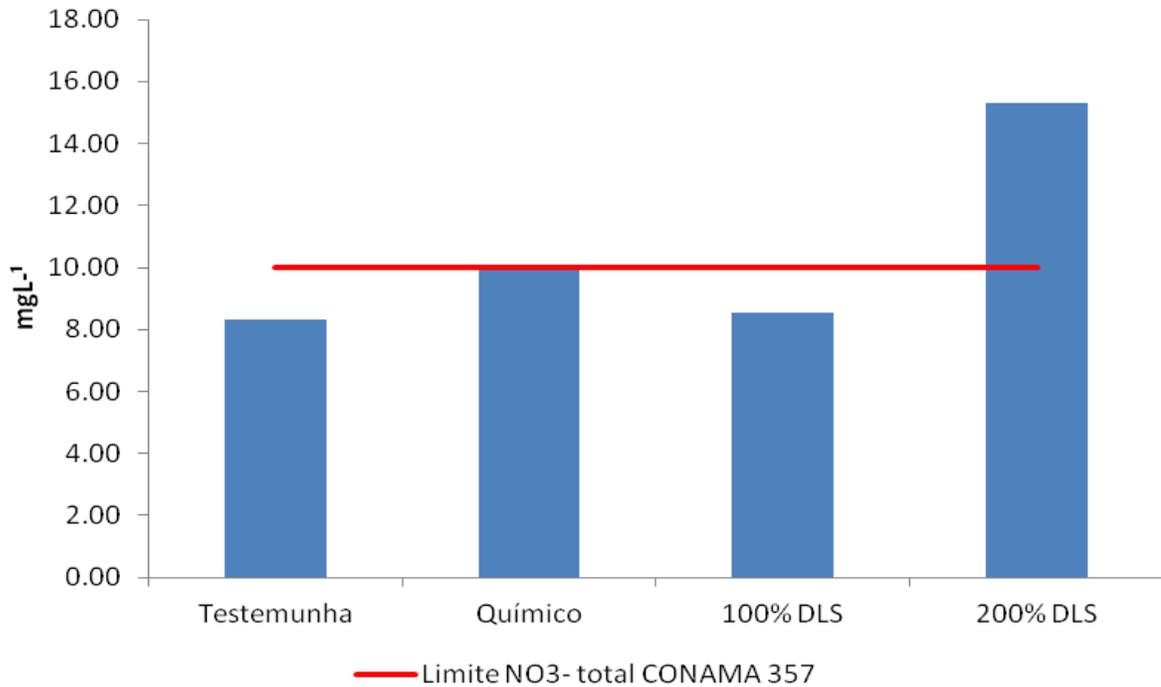
hídrico, sendo que para fins de comparação deve-se considerar o volume de água escoada de uma área agrícola e também a vazão do corpo hídrico.

Tabela 6 - Limites máximos para a concentração de Nitrogênio Amoniacal

	IN IAP 105 (2006)	CONAMA 357(2005) – Classe 1 e 2
Nitrogênio Amoniacal Total (mg L⁻¹)	20,0	3,7 para pH ≤ 7,5
		2,0 para 7.5 < pH ≤ 8,0
		1,0 para 8.0 < pH ≤ 8,5
		0,5 para pH > 8,5

Já para o N-NO₃⁻ solúvel, os valores da concentração no T0, TM e T100 foram inferiores ao limite máximo estipulado na Resolução CONAMA 357(2005) para classe 1 e 2 de 10.0 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ total, porém os valores foram bem próximo e no T200 o valor foi superior. A Instrução Normativa do IAP não considera o N-NO₃⁻ como parâmetro. Observa-se que mesmo os valores de nitrato estando abaixo do limite estipulado pela legislação, essa concentração ainda pode aumentar devido a ocorrência da transformação do amônio em nitrato.

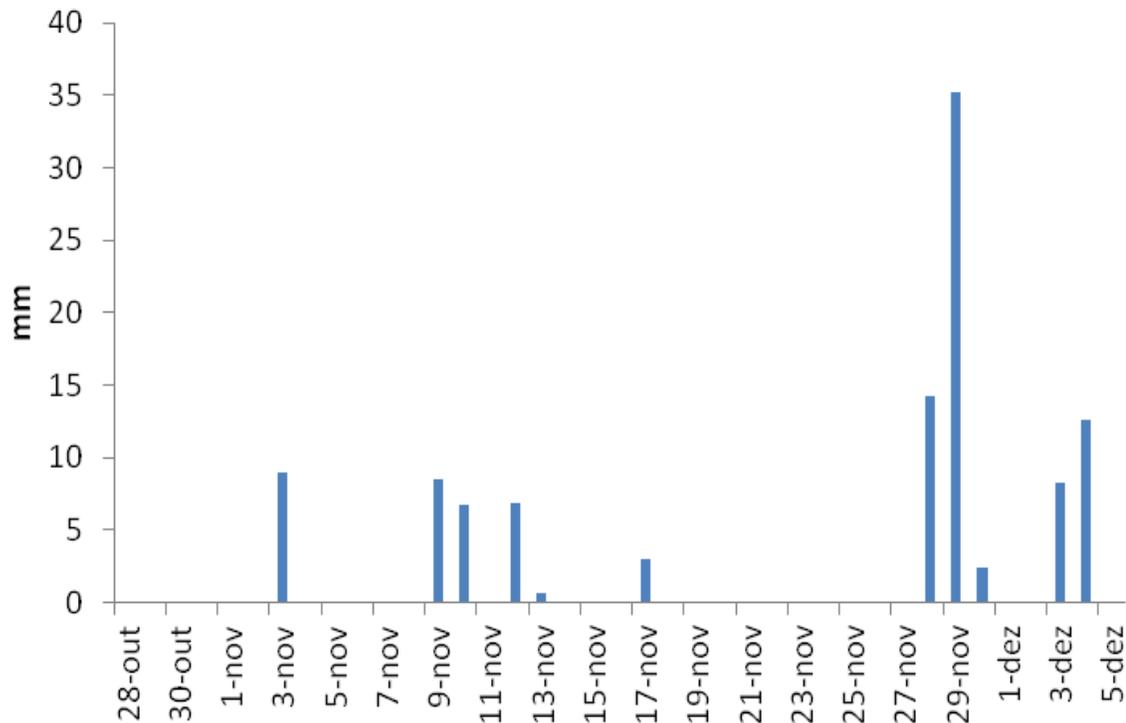
Figura 11 - Gráfico comparativo entre as concentrações encontradas para N-NO_3^- e o limite estipulado pelo CONAMA 357 Classe 1.



Fonte: A autora (2017)

Outra hipótese é que os valores observados de N podem ter sido influenciados pelo efeito da precipitação que ocorreu após a aplicação dos dejetos (Figura 11). Como o experimento foi instalado ao céu aberto, susceptível as condições do ambiente, a chuva é um fator de forte influência. Desde a aplicação do DLS até as coletas das amostras, totalizou-se 107,2 mm de precipitação. Trabalho de Bertol et al (2005) mostrou que com 120 mm de chuva, com intensidades diferentes, após 16 horas da aplicação do DLS, foram responsáveis pelo arraste de vários nutrientes do solo, principalmente o nitrogênio sendo que 4,8% de todo N aplicado foi perdido com a enxurrada no tratamento químico.

Figura 12 - Gráfico das precipitações naturais ocorridas durante os 30 dias após a aplicação do DLS



Fonte: A autora (2017)

Neste experimento, a primeira precipitação natural ocorreu 7 dias após a aplicação do DLS e isso pode ter ocasionado um arraste das partículas de dejetos para fora da parcela experimental. Mori (2008), avaliando concentrações de N-NO_3^- após aplicação de dejetos em diferentes tempos de coleta da água escoada, observou que os maiores concentrações foram encontradas na primeira coleta do escoamento superficial, sendo que na segunda coleta houve uma diminuição significativa de N-NO_3^- .

Em relação ao K, as concentrações permaneceram constantes, exceto o teor de K solúvel no tratamento T200, onde o valor se apresenta maior (Tabela 6), sendo assim, representando uma relação entre a maior dose e a maior concentração.

Este resultado corrobora com o trabalho de Peles (2007), que aplicando diferentes doses de DLS resultou na concentração de K aumentando em relação à dose aplicada.

Tabela 7 - Concentração de Potássio (K) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto

	K Solúvel ⁽¹⁾ mg L ⁻¹	K Particulado ⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Testemunha (T0)	7,00	0,002
Adubação Química (TM)	7,50	0,001
100% de DLS (T100)	6,00	0,002
200% de DLS (T200)	11,00	0,003

(1) Valores médios encontrados

Para o P, o tratamento T200 apresentou a maior concentração de fósforo solúvel e particulado (Tabela 7). É importante ressaltar que o teor de fósforo solúvel encontrado na água de escoamento é prontamente disponível para a absorção de organismos biológicos. Tal fato demonstra o potencial poluente deste elemento.

Dados obtidos no presente trabalho, corroboram com Andraski et al. (2003) que confirmam que o uso de práticas conservacionistas associadas a aplicação de DLS diminui a transferência de fósforo ligado às partículas de solo, porém aumenta a transferência de fósforo solúvel.

Tabela 8 - Concentração e Fósforo (P) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto

	P solúvel ⁽¹⁾ mg L ⁻¹	P Particulado ⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Testemunha (T0)	0,11	0,001
Adubação Química (TM)	0,50	0,002
100% de DLS (T100)	0,63	0,004
200% de DLS (T200)	0,99	0,006

⁽¹⁾ Valores médios encontrado

Os valores encontrados são superiores ao nível máximo de P estabelecido pelo CONAMA 357(2005) Classe 1 e também para a Classe 2 (Tabela 8). No estudo realizado por Berwanger (2006) com aplicação de DLS em um Argissolo Vermelho Arênico, as concentrações de P encontradas também foram superiores ao índice estabelecido pela legislação. Já a Instrução Normativa do IAP não apresenta uma concentração limite para o P.

No tratamento T0, a concentração de P foi a menor encontrada, mas ainda sendo considerada alta diante a Resolução CONAMA 357(2005).

Tabela 9 - Limite de concentração para P total segundo o CONAMA 357 Classe 1 – águas doces

	P total (mg L⁻¹)	
	Classe 1	Classe 2
Para ambientes lênticos	0,020	0,030
Para ambientes intermediários e em tributários diretos de ambientes lênticos	0,025	0,050
Para ambientes lóticos e em tributários de ambientes intermediários	0,100	0,100

Trabalhos de Berwanger (2006) e Basso (2003) mostram que as maiores concentrações de fósforo foram observadas nos primeiros eventos pluviométricos, devido ao transporte de partículas de dejetos que estavam na superfície do solo ou sobre a cobertura vegetal. Sendo assim, acredita-se que as chuvas naturais ocorridas anteriormente também podem ter influenciado os resultados de P.

A maior preocupação em relação à concentração de P é o risco de eutrofização dos corpos hídricos. Lamparelli (2004) publicou um estudo sobre uma classificação trófica para rios e lagos do estado de São Paulo (Tabelas 9 e 10). Um dos critérios utilizados pela autora é a concentração de fósforo total, demonstrando o potencial de risco que esse nutriente pode trazer quando encontrado em um corpo hídrico.

Tabela 10 - Classificação de níveis tróficos de acordo com a concentração de P total

		Nível Trófico	Fósforo Total (mg L⁻¹)
Rios		Ultraoligotrófico	≤0,013
		Oligotrófico	0,013 < Pt ≤0,035
		Mesotrófico	0,035 < Pt ≤0,137
		Eutrófico	0,137 < Pt ≤0,296
		Supereutrófico	0,296 < Pt ≤0,640
		Hipereutrófico	>0,640
Lagos		Ultraoligotrófico	≤0,008
		Oligotrófico	0,008 < Pt ≤0,019
		Mesotrófico	0,019 < Pt ≤0,052
		Eutrófico	0,052 > Pt ≤0,120
		Supereutrófico	0,120 Pt ≤0,233
		Hipereutrófico	>0,233

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004)

Tabela 11 - Potencial de prejuízo decorrente da produtividade algácea

		Baixo	Moderado	Significativo	Sério	Muito sério
Rios	Média anual de P total (mg L⁻¹)	x ≤ 0,03	0,03 < x ≤ 0,17	0,17 < x ≤ 0,44	0,44 < x ≤ 1,8	>1,8
Lagos	Média anual de P total (mg L⁻¹)	x ≤ 0,023	0,023 < x ≤ 0,052	0,052 < x ≤ 0,12	0,12 < x ≤ 0,23	>0,23

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004)

Comparando a classificação de Lamparelli (2004) com os dados obtidos neste trabalho, surge uma preocupação em relação aos níveis de P encontrados na água de escoamento da aplicação de DLS, pois os mesmos podem ocasionar eutrofização em

corpos d'água. Em um cenário hipotético, se a menor concentração encontrada de fósforo solúvel (0.11 mg L^{-1} no T0) entrar em contato com um rio, de acordo com a Tabela 9, pode ocasionar um estado mesotrófico. No entanto, devem-se considerar algumas variáveis, como por exemplo, a vazão do rio, tamanho da área agrícola que foi realizada a adubação e o volume de água escoada dessa área.

Vale ressaltar que a o fósforo total é a soma do fósforo solúvel com as outras formas de fósforo, portanto, para P total as concentrações de cada tratamento são maiores do que as encontradas neste trabalho.

5.2 Arraste de cobre e zinco por escoamento superficial do solo

As perdas de Cu solúvel foram muito próximas entre os tratamentos (Tabela 11). Em contrapartida, o tratamento T200 apresentou a maior concentração de cobre ligado ao sedimento (Cu particulado). Gomes et al. (2001) afirmam que esse elemento possui alta reatividade com os minerais de argila, característicos dos LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos da região de Londrina – PR. Esse fato explica os resultados obtidos neste trabalho, onde as amostras de solo resultaram em uma maior concentração de Cu particulado.

Tabela 12 - Concentração de Cobre (Cu) na solução em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto

	Cu solúvel ⁽¹⁾ mg L ⁻¹	Cu Particulado ⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Testemunha (T0)	0,013	0,219
Adubação Química (TM)	0,017	0,203
100% de DLS (T100)	0,006	0,774
200% de DLS (T200)	0,012	0,881

⁽¹⁾ Valores médios encontrados

Da mesma forma que as precipitações naturais ocorridas durante o experimento podem ter exercido influência sobre os resultados de NPK, isso pode ter ocorrido

também para os teores de Zn e Cu. Trabalhos de Bertol (2005) e Giroto (2007) observaram que as maiores concentrações de Zn e Cu foram encontradas nos primeiros eventos pluviométricos, em soluções de escoamento superficial oriundos da área de aplicação de DLS. Para Giroto (2007), é provável que a redução do Cu no solo seja em função do aumento da força de adsorção aos coloides do solo e também devido à absorção pelas plantas cultivadas.

As maiores concentrações de Zn também foram encontradas na forma de particulado, que são ligadas ao solo (Tabela 12). Contudo, não foi possível observar uma relação entre a aplicação de DLS e o aumento dos valores.

Tabela 13 - Concentração de Zinco (Zn) em função das doses de DLS aplicadas sob sistema de plantio direto

	Zn solúvel ⁽¹⁾ mg L ⁻¹	Zn Particulado ⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Testemunha (T0)	0,023	2,052
Adubação Química (TM)	0,025	1,125
100% de DLS (T100)	0,013	3,086
200% de DLS (T200)	0,013	3,874

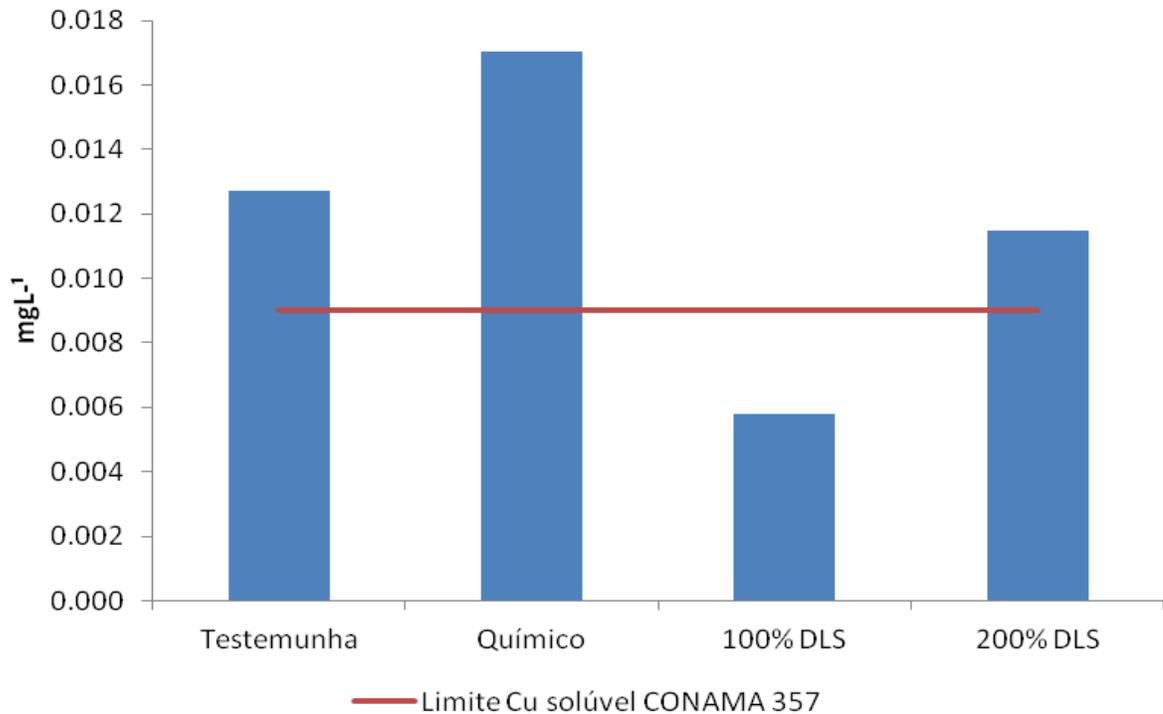
⁽¹⁾ Valores médios encontrados

Comparando os resultados de Cu e Zn com a Instrução Normativa IAP/DIRAM 105(2006) que estabelece um limite de lançamento de DLS em corpos hídricos de 1,0 mgL⁻¹ para o Cu e de 5,0 mgL⁻¹ para o Zn, os valores encontrados neste trabalho encontram-se abaixo do valor permitido. Em relação ao CONAMA 357(2005) Classe 1 e 2, o valor limite para Cu dissolvido é de 0.009 mgL⁻¹ e para o Zn total é de 0.18 mgL⁻¹.

Os teores de Cu solúvel encontrados estão acima do limite estabelecido pelo CONAMA 357, demonstrando que sucessivas aplicações de DLS podem causar um acúmulo de Cu no solo, podendo contaminar fontes de água e causar outros impactos ambientais indesejáveis. Ressaltando que na Resolução CONAMA 357(2005) são considerados os valores dissolvidos, sendo que a comparação nos permite um estado

de alerta à utilização do DLS. Por outro lado, as concentrações de Zn estão abaixo do limite estipulado por essas duas legislações.

Figura 13 – Gráfico comparativo entre as concentrações encontradas para Cu solúvel e o limite estabelecido pelo CONAMA 357 Classe 1.



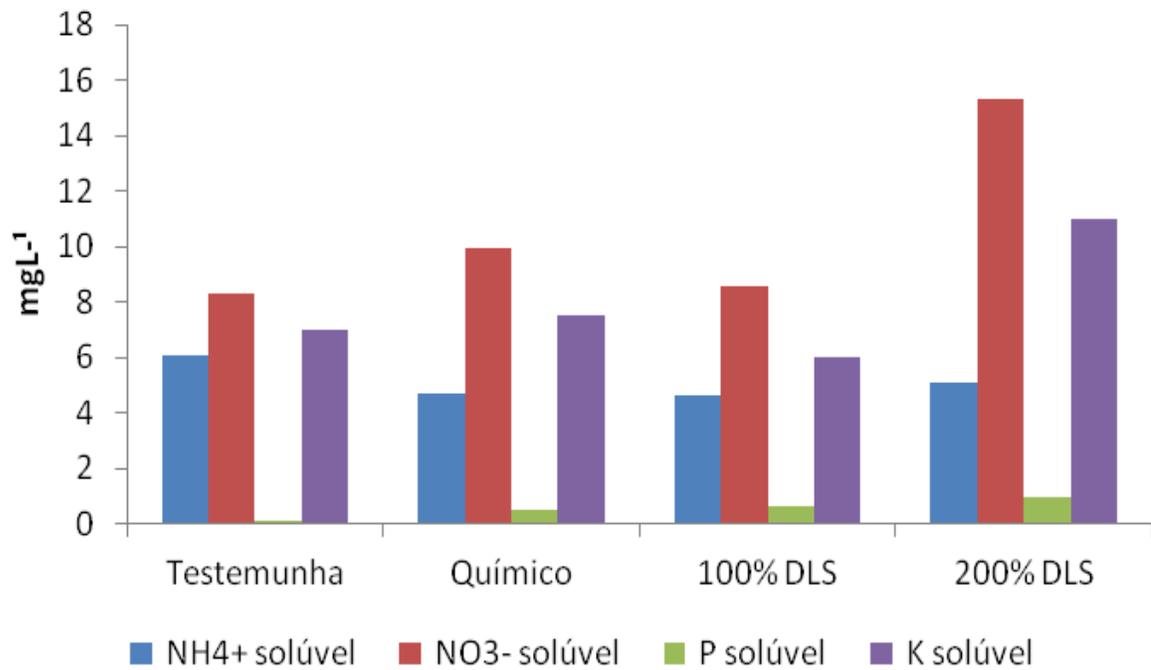
Fonte: A autora (217)

5.3 Análise Geral dos Componentes

De forma geral, a aplicação da maior dose de DLS resultou nas maiores concentrações encontradas de NPK (Figura 13). Tal fato indica que aplicação não controlada dos dejetos em solos agrícolas pode acarretar impactos ambientais.

Comparando o tratamento químico (TM) com a aplicação de 100% de DLS (T100), observa-se que as concentrações tiveram comportamentos parecidos, indicando a aplicação de adubos químicos também podem estar relacionados com a contaminação ambiental.

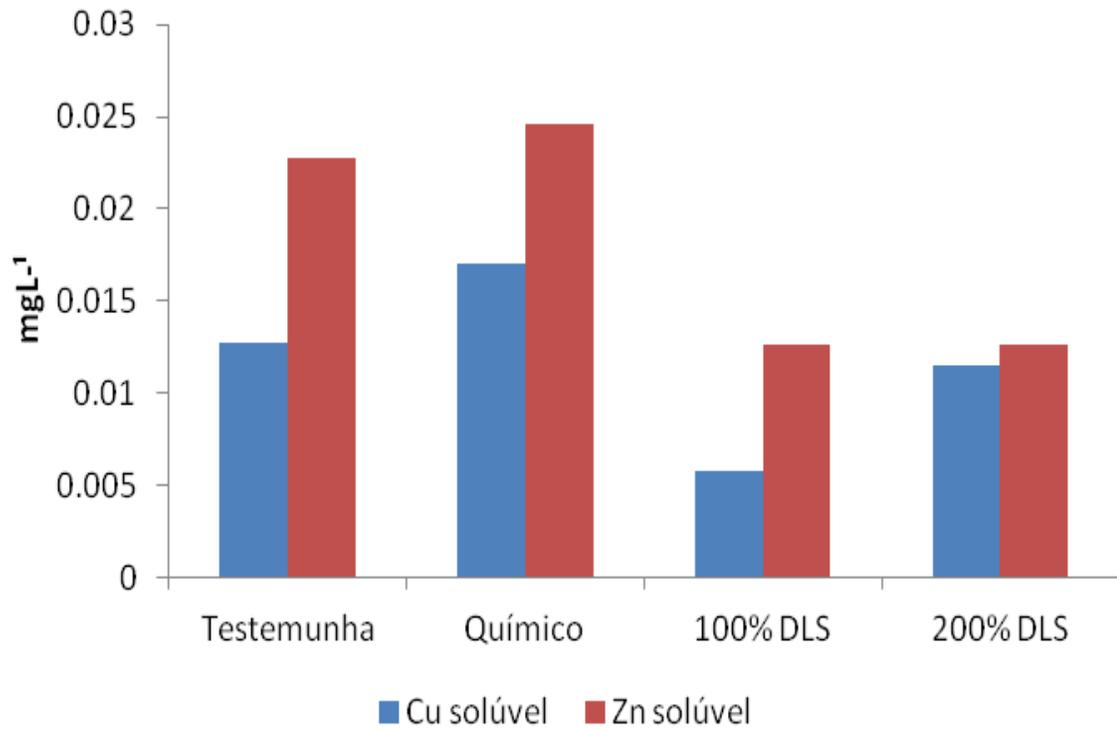
Figura 14 - Gráfico comparativo entre os tratamentos aplicados e os componentes analisados N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P e K.



Fonte : A Autora (2017)

Em relação aos metais analisados (Figura 14), observa-se que os mesmos não tiveram relação com o DLS aplicado. Trabalho de Ruiz (2016) mostra que a aplicação de DLS em solos aumentou a capacidade de sorção dos metais, resultando em maiores valores de capacidade máxima de sorção.

Figura 15 - Gráfico comparativo entre os tratamentos e as concentrações de Cu e Zn.



Fonte: A Autora (2017)

6 CONCLUSÃO

Na maioria dos tratamentos analisados, as concentrações encontradas estão acima do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357(2005) Classe 1 e 2. Tal fato indica que a utilização sem critério do DLS pode ocasionar impactos ambientais. O problema pode ser gravado se práticas conservacionistas também não estiverem sendo aplicadas.

A aplicação de DLS potencializou as transferências de fósforo via escoamento superficial atingindo concentrações superiores às estabelecidas pela resolução CONAMA 357, representando um potencial de contaminação ambiental. O fósforo é um elemento chave no processo de eutrofização, sendo necessárias medidas que impeçam sua alta concentração do DLS.

Em relação às legislações analisadas, observa-se que a Instrução Normativa do IAP 105(2006) não considera alguns parâmetros, como por exemplo, o P, que é o grande responsável pela eutrofização de corpos hídricos.

A aplicação de DLS como adubação orgânica é uma forma viável e sustentável de aproveitamento desse resíduo, desde que sua aplicação seja feita de forma adequada e juntamente com outras técnicas conservacionistas, sendo que a utilização da dosagem T100 apresentou os melhores resultados.

7 REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Projeções para 2016** (aves e suínos). Disponível em <<http://abpa-br.com.br/noticia/projecoes-para-o-segundo-semester-de-2016-aves-e-suinos-1750>> Acesso em 21 set. 2016.

ANDRASKI, T.W.; BUNDY, L.G. ; KILIAN, K. Manure history and long-term tillage effects on soil properties and phosphorus losses runoff. **Journal Environmental Quality**. v.31, 2003.

BASSO, C.J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BARROS, F.M.; MARTINEZ, M.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D. **Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, p.47-51, 2005.

BERTOL, O.J. Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta. **Tese (Doutorado)**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O.J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, set/dez 2005.

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; FEY, E.; LANA, M. do C. **Perda de nutrientes via escoamento superficial no sistema plantio direto sob adubação mineral e orgânica**. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.11, p.1914 – 1920, 2011.

BERWANGER, A.L. Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos. 2006. **Tese (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BRASIL, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 02 set. 1981. Disponível em <www.bvambientebf.urej.br/> Acesso em: 08 out. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 001/1986 – Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 fev. 1986. p. 2548-2549, alterada pelas Resoluções nº 11, de 1986, e nº 237, de 1997.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/>> Acesso em: 08 out. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de março de 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/>> Acesso em: 08 out. 2016.

BRASIL. Código Florestal Federal na Lei 12.651 de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória

nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, DF. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em: 08 out. 2016.

BRASIL. **Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006**, atualizada em 23 de junho de 2009. Disponível em:
<http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/>
Acesso em: 08 out. 2016.

CARVALHO, D.F. de; SILVA, L.D. da. Título: **Escoamento Superficial**. In: DANIEL FONSECA DE CARVALHO E LEONARDO DUARTE BATISTA DA SILVA. *Hidrologia*. Rio de Janeiro: agosto de 2006. p.95-115.

CAVALLET, L.E.; LUCCHESI, L.A.C.; MORAES, A. DE; SCHIMIDT, E.; PERONDI, M.A.; FONSECA, R.A. da. **Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.3, p.724–729, 2006

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. **Característica química de solo sob aplicação de esterco líquido de suíno em pastagem natural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.38, n.6, p. 729-735, 2003.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; BARCELLOS, L.A.R.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejeito líquido de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, p.1296-1304, 2005.

COOKE, C.M.; GOVE, L.; NICHOLSON, F.A.; COOK, H.F.; BECK, A.J. **Effect of drying and composting biosolids on movement of nitrate and phosphate through**

repacked soil columns under steady-state hydrological conditions. Chemosphere, v.44, p.757-804, 2001

CORRÊA, E.K.; CORRÊA, L.B.; COREZZOLLA, J.L.; BIANCHI, I. **O impacto ambiental da suinocultura na ótica de produtores do oeste catarinense.** Revista Brasileira de Agrocência, Pelotas, v.14, n.1, p.177-182, 2008.

DAL BOSCO, T.C. Matéria orgânica proveniente de água residuária de suinocultura na interação e transporte de alaclor no solo. **Tese** (Doutorado) 119f. Cascavel, PR:UNIOESTE, 2011.

DARTORA, V.; PERDOMO, C.C.; TUMELERO, I.L. **Manejo dos dejetos de suínos.** **Boletim Informativo** Emater – RS. 43p. 1998.

EMBRAPA. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo.** EMBRAPA, 2002. 30p.

FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.A.C. DE; VILELLA JUNIOR, L.V.E. **Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.143–149, 2008..

GIROTTTO, E. Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos. **Tese (Mestrado).** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GIROTTTO, E. Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos. 121f. **Tese (Mestrado)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GOMES FILHO, R.R.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D.; MARTINEZ, H.E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.5, n.1, p. 131-134. 2001

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>> Acesso em 22 set. 2016.

IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2> > Acesso em 08 jun.2016.

JONDREVILLE, C.; REVY, P.S.; DOURMAD, J.Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. *Livestock Production Science*, v.84, 2003.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.M.; OLIVEIRA, P.A. **Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.22, n.3, p. 651-665, 2005.

LAMPARELLI, M.C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. **Tese (Doutorado)**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEDEIROS, S.S.DE; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A.de. **Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.109–115. 2008.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. In: **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.4, p.33-38, out/dez 2002.

MOTA, S. *Gestão Ambiental de recursos hídricos*. Rio de Janeiro: ABES, 2008. cap.1, p.15-22.

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

MOTA, S. Gestão ambiental de recursos hídricos. Rio de Janeiro: **ABES**, 2008. cap.1, p. 15-22.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrientes requirement of swine**. 10 ed. Washigton, D.C.: National Acedemy of Science, 1998, 189 p.

OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA. Documento 27, 1993. 188 p.

OLIVEIRA, P.A.V. **Impacto ambiental causado pela suinocultura**. In: Congresso Internacional de Zootecnia, V. Congresso Nacional de Zootecnia, XII, 2003. Uberaba – MG, ZOOTECA, p.143-161, 2003.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. **Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar**. *Scientia Agricola*, v. 58, n. 4, p. 807-812, 2001.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. 38p.

PELES, D. Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos. **Tese (Mestrado)**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUNIÑO, F.E.L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Disponível em

<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.html> Acesso em: 24 set. 2016.

PINTO, M.A.B.; FABBRIS, C.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; GIROTTTO, E. Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.2, p. 205 – 212, abr./jun. 2014.

QUEIROZ, F.M. DE; MATOS, A.T.DE; PEREIRA O.G.; OLIVEIRA, R.A.de. **Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro**. Ciência Rural, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.

ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE; H.G. A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration and soil loss. **Catena**, v. 12, p.79-85,1985.

RUIZ, D.B. Mobilidade de metais em solos com aplicação de dejetos líquidos de suínos. 72p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual de Londrina, 2016.

SANTOS, I.P. de O.; FIGUEIREDO, R. de O. **Perda de nutrientes por escoamento superficial em microbacias no Nordeste paraense sob uso agrícola**. Embrapa Pará, 2009.

SANTOS, R.C.dos. Aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo: Aspectos biológicos e químicos do percolado. 91p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo).Porto Alegre, 2010.

SARTOR, L. R.; ASSMANN, A. L.; ASSMANN, T. S.; BIGOLIN, P. A.; MIYAZAWA, M.; CARVALHO, P. C. F. Produtividade de milho, feijão, soja e trigo em resposta à aplicação de dejetos líquidos de suínos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 36 n. 2 Mar./Apr. 2012.

SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SMITH, D.R.; MOORE, P.A. Soil extractable phosphorus changes with time after application of fertilizer : II manure from swine fed modified diets. **Soil Science**. v. 170, 2005.

SODRÉ, F.F. ; LENZI, E. ; COSTA, A.C.S. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. *Química Nova*, São Paulo, v.24, 2001.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo. Oficina de Textos. USP. 2001. 557p.

