

ANDERSON ROSA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES, ÓLEOS E GRAXAS EM LATOSSOLOS
ADUBADOS COM DEJETOS DE SUÍNOS**

**CASCVEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2018**

ANDERSON ROSA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES, ÓLEOS E GRAXAS EM LATOSSOLOS
ADUBADOS COM DEJETOS DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Paraná em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia.

Orientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior
Coorientador: Dr. Deonir Secco

**CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2018**

R694a Rosa, Anderson.
Acúmulo de nutrientes, óleos e graxas em latossolos adubados com dejetos de suínos / Anderson Rosa. --- Cascavel (PR), 2018. 38 f.

Orientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior .
Coorientador : Dr . Deonir Secco.
Dissertação (Mestrado de Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2018. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programas de Pós- graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.
Inclui Bibliografia

1. Adubos e fertilizantes orgânicos. 2. Contaminação - Solos. 3. Suínos - Criadores. 4. Suínos – Eliminação de resíduos. I. Zanão Júnior, Antônio. II. Secco, Deonir. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 631.4

ANDERSON ROSA

**“ACÚMULO DE NUTRIENTES, ÓLEOS E GRAXAS EM
LATOSSOLOS ADUBADOS COM DEJETOS DE SUÍNOS”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Luiz Antonio Zanão Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Luciene Kazue Tokura

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Clair Aparecida Viecelli

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Toledo (PUCPR)

Cascavel, 27 de março de 2018

É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver."

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS por ser a base das minhas conquistas;

A minha esposa, Renata, pelo apoio, carinho e incentivo na minha formação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura - PPGEA, pelo acolhimento e oportunidade de realização do curso de Mestrado;

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, pelo apoio durante o mestrado;

Ao orientador Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior, pela orientação, amizade e ensinamentos;

Ao co-orientador Dr Deonir Secco, pelas sugestões;

Ao colegiado do curso, pelo apoio;

A todos os colegas do mestrado pelo companheirismo, amizade, incentivo e cooperação.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Histórico do experimento: culturas, doses dos dejetos e adubação mineral utilizada do período de 2015 a 2017, em Santa Tereza do Oeste, PR..... 15
- Tabela 2.** Teores médios de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e óleos e graxas encontrados em amostras de dejetos líquidos de suínos, analisados em base seca, na região de Cascavel - PR..... 16
- Tabela 3.** Teores de óleos e graxas, fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco no solo em função da profundidade, nos experimentos de Santa Tereza do Oeste e Palotina, PR, 2018.. 18
- Tabela 4.** Teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas no solo em função da aplicação de doses de dejetos de suínos e adubo mineral. Santa Tereza do Oeste, PR, 2018. 19
- Tabela 5.** Teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas no solo em função da aplicação de doses de dejetos de suínos e adubo mineral. Palotina, PR, 2018..... 21

RESUMO

ROSA, Anderson. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Março de 2018. **Acúmulo de nutrientes, óleos e graxas em Latossolos adubados com dejetos de suínos.** Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior. Coorientador: Prof. Dr. Deonir Secco.

A produção de proteína animal em espaço confinado é uma atividade que vem se destacando na região Oeste do Paraná, devido ao aumento da demanda por alimentos. O uso de resíduos orgânicos como fertilizantes é uma opção rentável ao produtor rural, porém a aplicação de quantidades elevadas e de maneira contínua pode ocasionar acúmulo de nutrientes e também óleos e graxas, podendo causar problemas ambientais. O objetivo desse trabalho foi avaliar o acúmulo de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas em Latossolos adubados com dejetos de suínos. Os experimentos foram instalados em dois municípios do estado do Paraná. Em Santa Tereza do Oeste, iniciou-se em 2015. Os tratamentos foram três doses de dejetos líquidos de suínos: 50, 100 e 150 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (em média), uma testemunha e um tratamento com adubação química utilizando-se formulado NPK. Em Palotina, iniciou-se em 1997 e os tratamentos foram três doses de dejetos líquidos de suínos: 30, 60 e 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e uma testemunha (sem aplicação). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas de 50 m². A amostragem do solo foi realizada antes do plantio da safra 2017/2018 em cada parcela, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Teores de P, K, Cu, Fe, Mn e Zn foram avaliados pelo método Mehlich-1 e os teores de óleos e graxas por meio do extrator de lipídios Soxhlet, com solvente orgânico hexano. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A aplicação de dejetos líquidos de suínos influenciou os teores de fósforo, potássio, cobre, manganês, zinco, óleos e graxas do solo nas áreas amostradas, com concentração maior observada na camada de 0 - 5 cm de profundidade. As doses do dejetos líquidos de suínos contribuíram significativamente para o aumento das concentrações de fósforo, potássio, cobre, zinco e óleos e graxas no solo, sendo que o maior volume de dejetos líquidos de suínos aplicado proporcionou maior concentração desses elementos no solo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, suinocultura, resíduos.

ABSTRACT

ROSA, Anderson. State University of Western Paraná, March, 2018. **Accumulation of nutrients, oils and greases in Oxisols fertilized with swine manure.** Advisor: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior. Co-Advisor: Prof. Dr. Deonir Secco.

The production of animal protein in confined space is an activity that has been highlighting in the western region of Paraná, due to the increase in the demand for food. The use of organic wastes as fertilizers is a profitable practice for the rural producer, but the application of high amounts and in a continuous way can cause accumulation of nutrients, biological agents as well as oils and greases that can cause environmental problems. The objective of this work was to evaluate the accumulation of phosphorus, potassium, copper, iron, manganese, zinc, oils and greases in Oxisols fertilized with swine manure. The experiments were installed in two municipalities in the state of Paraná. In Santa Tereza do Oeste it started in 2015. The treatments were three doses of liquid swine manure, on average, 50; 100 and 150 m³ ha⁻¹ year⁻¹ one control and one treatment with chemical fertilization using NPK formulated. In Palotina it was started in 1997 and the treatments were three doses of liquid swine manure, 30, 60 and 120 m³ ha⁻¹ and one control. The experimental design was a randomized block with four replications in plots of 50 m². Soil sampling was performed before planting the 2017/2018 crop in each plot at 0-5 and 5-10 cm depths. Contents of P, K, Cu, Fe, Mn and Zn were evaluated by the Mehlich-1 method and the oil and grease content by the Soxhlet lipid extractor with organic solvent hexane. The data were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Tukey test at 5% probability. The application of swine manure influenced the levels of phosphorus, potassium, copper, manganese, zinc, oils and greases of the soil in the areas sampled, with a higher concentration observed in the 0-5 cm depth layer. The doses of the swine manure contributed significantly to the increase of phosphorus, potassium, copper, zinc, and oils and greases concentrations in the soil.

Key words: Organic Fertilizer, Soil Contamination, Swine, Residue.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1. Suinocultura no Brasil..... | 3 |
| 2.2. Óleo vegetal e seu uso..... | 6 |
| 2.3. Características dos Latossolos..... | 8 |
| 2.3.1. Fósforo. | 9 |
| 2.3.2. Potássio..... | 10 |
| 2.3.3. Cobre e zinco | 10 |
| 2.3.4. Ferro e manganês | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 3.1. Experimentos | 15 |
| 3.1.1. Santa Tereza do Oeste - PR | 15 |
| 3.1.2. Palotina - PR | 16 |
| 3.2. Amostragem de dejetos e solos | 17 |
| 3.3. Análises químicas | 17 |
| 3.3.1. Dejetos | 17 |
| 3.3.2. Solo | 18 |
| 3.4. Análises estatísticas | 18 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 5. CONCLUSÕES | 24 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

1. INTRODUÇÃO

As questões energéticas, ambientais e sociais têm sido debatidas no mundo inteiro pelos meios de comunicação, pelos poderes públicos e pela sociedade nesta última década, trazendo à tona o debate sobre a importância do desenvolvimento sustentável, com justiça social e preservação dos recursos naturais, além da preocupação com o futuro do planeta.

Os resíduos gerados pela humanidade têm provocado crescente poluição e impactos ambientais devido ao tratamento incorreto e disposição final e uma das causas é o aumento da população mundial e conseqüentemente do consumo de alimentos. Essa maior demanda de alimentos como a carne vem contribuindo para busca da otimização da cadeia produtiva e assim aumentando a produção de animais em espaço confinado contribuindo para uma maior geração de resíduos em pequenas áreas.

A reciclagem de resíduos, seja de origem agrícola ou industrial, apresenta-se como uma importante ferramenta para minimizar o déficit de fertilizantes orgânicos para sistemas produtivos ecológicos. Sua importância para a agricultura orgânica está na possibilidade de utilização destes com duplo propósito, a fertilização do solo e a redução dos impactos ecológicos provocados por sua acumulação no ambiente, amenizando o problema de descarte destes materiais e desobstruindo um importante gargalo na produção de base ecológica, que é a reduzida disponibilidade de fertilizantes adequados a esses sistemas produtivos.

A produção de proteína animal, especificamente a suinocultura, é uma atividade que vem se destacando no agronegócio brasileiro, principalmente na região oeste do estado do Paraná, devido aos incentivos e ao sistema de cooperativas instalado na região. Isso permite a produção de grande quantidade de animais em pequenas áreas, proporcionando ao agricultor utilizar a propriedade também para outros fins, como a produção de grãos.

A utilização dos dejetos de suínos como fertilizante do solo é interessante tanto do ponto de vista econômico, quanto ecológico, uma vez que representa um recurso interno das propriedades rurais e agroindústrias como destino final de seus efluentes, contendo nutrientes e compostos orgânicos, com capacidade de aumentar a produtividade de grãos e a fertilidade do solo. Porém, a aplicação indiscriminada dos dejetos pode aumentar o acúmulo de fósforo, cobre, zinco, óleos e graxas no solo, já que estes elementos estão presentes na composição deste efluente.

Essa disposição intensiva de dejetos de suínos pode promover acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, principalmente daqueles elementos com menor mobilidade, entre os quais fósforo, cobre e zinco, o que pode potencializar sua transferência via escoamento superficial. Entre os possíveis problemas decorrentes do dejetos suíno aplicado em lavouras sob plantio direto, onde não ocorre a incorporação, destaca-se o excessivo enriquecimento de nutrientes no solo, sobretudo na camada até 5 cm de profundidade.

Os óleos vegetais são utilizados na preparação de alimentos para fins domésticos e industriais. O óleo de soja é utilizado na formulação da ração para suínos, portanto é inevitável a sua presença nos dejetos gerados por esses animais. O lançamento de grandes volumes de resíduos no solo pode trazer um efeito negativo para a agricultura, pois o acúmulo de óleo vegetal no solo pode prejudicar o desenvolvimento das plantas.

A preocupação com a contaminação do solo é tão séria que vários países têm estabelecido normas para padrões de qualidade do solo, no entanto, no cenário internacional, há limitação de estudos científicos para dar suporte ao estabelecimento de normas dessa natureza. No Brasil, a situação é ainda mais crítica, pois ainda não existe normatização para padrões de qualidade do solo. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 420 de 28 de dezembro de 2009, apresenta referências sobre teores máximos para alguns compostos entre eles o cobre e zinco sendo 60 e 300 mg kg⁻¹ de solo seco respectivamente para prevenção e 200 e 450 mg kg⁻¹ de solo seco respectivamente para uso agrícola, porém não existe uma normativa que determine o teor máximo de óleo vegetal e fósforo que pode estar presente no solo, sem causar dano ao meio ambiente.

A legislação que regula a emissão de óleos e graxas tanto na rede de esgoto como nos rios e córregos está se tornando cada vez mais restritiva, como pode ser observado na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA, que determina as concentrações limites de óleo para descarte em corpos d'água de 50 mg L⁻¹ de óleo vegetal e 20 mg L⁻¹ de óleo mineral. Esta mesma legislação determina o teor máximo de P total (ambiente lêntico) de 0,020 mg L, de 0,009 mg L⁻¹ para Cu dissolvido e de 0,18 mg L⁻¹ para Zn.

O objetivo deste trabalho é determinar os teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas em Latassolos adubados com dejetos de suínos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Suinocultura no Brasil

O crescimento da população bem como o aumento da renda nos países em desenvolvimento vem proporcionando um aumento no consumo de alimentos de origem animal em todo o mundo. Segundo Delgado et al. (2001), o aumento na demanda por produtos animais pode proporcionar uma oportunidade de intensificação sustentável para os pequenos produtores de alimentos. A suinocultura é uma atividade que consegue desenvolver as regiões economicamente, aumentando significativamente padrão de vida do homem do campo socialmente e culturalmente (SERAFIM; GUIMARÃES FILHO, 2012).

Devido às novas legislações, a questão da soberania alimentar, a preocupação com a saúde, degradação dos solos e do meio ambiente, a manutenção da biodiversidade e ao aumento da renda da propriedade familiar que tais sistemas de agricultura sustentável vêm ganhando espaço nos sistemas de produções de alimento. Um dos principais entraves que os agricultores encontram para implantação de um sistema agroecológico é a escassa disponibilidade de insumos de base ecológica que se enquadrem nas normas deste tipo de produção, dentre eles, fertilizantes capazes de proporcionar bons rendimentos aos cultivos e possibilitar melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo (SANTOS; CÂNDIDO, 2013).

Os fertilizantes orgânicos usados na agricultura podem ser considerados uma alternativa muito viável quando empregadas às práticas agrícolas adequadas, porém existe uma preocupação ambiental referente à forma de uso deste resíduo orgânico e quantidade recomendada para o uso agrícola deste resíduo. O uso de dejetos de animais como fertilizante na agricultura é uma alternativa de adubação que ajuda reduzir os custos da implantação de lavouras, pastagens e também a repor os nutrientes perdidos nas colheitas ou pastejo (FERNANDES; GUIMARÃES; MATHEUS, 2009).

A expansão da atividade suinícola no país e o incremento tecnológico nos sistemas de produção têm resultado em aumento na geração de dejetos os quais são, muitas vezes, lançados em rios, mananciais e no solo. O desafio é gerir este sistema do ponto de vista ambiental, pois esta atividade produz quantidades significativas de dejetos com alta carga poluente e que são lançados in natura nos

curtos de água ou espalhados no solo como fertirrigação para a agricultura. O predomínio da atividade suinícola, na região Sul do Brasil, em pequenas propriedades rurais, traz como consequência limitação de área para aplicação de dejetos de suínos. É usual a prática de aplicações sucessivas de dejetos numa mesma área, normalmente próxima à unidade de produção, devido à dificuldade e custo do transporte para locais mais distantes. A disposição de dejetos líquidos de suínos sucessivamente ao longo dos anos nas mesmas áreas, pode causar problemas com contaminação de águas superficiais e subsuperficiais com nitrato e fósforo (BASSO et al., 2005).

Os dejetos de suínos não constituíam fator de preocupação, até a década de 70, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena e os dejetos de suínos eram facilmente manejados nas unidades de produção. O aumento nas exportações de carne suína, aliada aos interesses logísticos das empresas integradoras, favoreceu a concentração na produção de suínos em grandes unidades e, por consequência, também a produção de dejetos em uma pequena área (KONZEN; ALVARENGA, 2005).

Segundo Thoms et al. (2010), a carne suína é uma das carnes mais consumidas e comercializadas no mundo, representando grande importância econômica em diversos países, tornando-se importante fonte de proteína animal para a alimentação humana. O Brasil é um país com enorme potencial para a produção de proteína animal tendo como destaque a suinocultura. As grandes transformações que ocorreram nessa atividade a partir da década de 90 colocaram algumas regiões brasileiras no cenário internacional, juntamente com aqueles países com melhores índices técnicos mundiais de produção. A suinocultura é uma atividade importante do agronegócio brasileiro, com destaque para os estados do Sul do país. Tem um papel social importante na fixação do trabalhador no campo e na criação de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva (VIVAN et al., 2010).

Segundo Kunz et al. (2005), o crescimento da atividade fez com que ocorresse um aumento significativo na quantidade de dejetos, que quando manejados de forma inadequada tornam-se preocupantes. Apesar da importância econômica, social e cultural da suinocultura, a produção tem um potencial poluidor muito grande devido ao grande volume de dejetos gerado por animal e a concentração em pequenas áreas. Por apresentar uma composição química variável, decorrente da alimentação e do manejo diferente, possui um impacto ao

meio ambiente diferente (MELLER, 2007). Os dejetos da suinocultura são compostos, basicamente, por fezes e urina dos animais, resíduos de rações, água proveniente do excesso dos bebedouros e da utilizada na limpeza das baias, além de pêlos, poeiras e outros materiais minerais decorrentes do processo de criação (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Geralmente a prática mais adotada pela suinocultura brasileira é de armazenar os dejetos em lagoas ou tanques e posteriormente aplicar em pastagens ou lavouras como fertilizante do solo. Porém em muitos casos, dependendo do volume de aplicação, o solo não consegue mais absorver e reciclar essa demanda, que muitas vezes supera a recomendação dos órgãos ambientais fiscalizadores (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005). Logo, a questão ambiental relacionada com o manejo de dejetos de suínos afeta toda e qualquer granja produtora. Com base nas características quantitativas e qualitativas torna-se evidente a necessidade de um tratamento prévio dos resíduos produzidos por suínos, para posterior aplicação no solo. A digestão anaeróbia pode ser utilizada nesse tratamento, pois, além de reduzir o poder poluente e os riscos sanitários dos dejetos, tem como subprodutos o biogás e o biofertilizante (SANTOS; LUCAS JÚNIOR; SILVA, 2007).

As quantidades e a qualidade dos dejetos produzidos variam de acordo com a categoria e as técnicas de criação do produtor, da quantidade de água utilizada nas instalações, das estações do ano e condições climáticas, do tipo de dieta, idade, raça e do grau de confinamento dos animais. Nos países europeus a legislação ambiental é muito rígida com relação aos dejetos da suinocultura. No Brasil, somente a partir de 1991 o Ministério Público passou a dar maior ênfase ao assunto, fiscalizando e cobrando o cumprimento da legislação, aplicando advertências e multas, e até mesmo determinando o fechamento de granjas (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Mesmo considerada potencialmente poluidora, não existe no Brasil uma legislação federal específica para a suinocultura. São vários os instrumentos legais, tanto nas esferas federal quanto estadual, que interferem no ordenamento da atividade, referente principalmente à localização das instalações, aos padrões de emissão dos efluentes líquidos e a disposição final dos dejetos (HADLICH, 2004).

A grande produção de dejetos, aliada a práticas como lançamento direto dos dejetos, sem nenhum tipo de tratamento nos mananciais de água, passou a gerar desequilíbrios ecológicos (KONZEN; ALVARENGA, 2005).

Regiões de elevada concentração de suínos normalmente apresentam sérios problemas ambientais, devido principalmente às características do resíduo produzido, como presença de metais pesados (MATTIAS et al., 2010). O destino destes resíduos deve ser de forma a causarem o mínimo impacto ambiental possível. Uma das possibilidades mais conveniente e aceita é a sua distribuição em áreas agrícolas, onde os solos assumiriam o papel de conversão deste resíduo, pela redução no número de coliformes e ciclagem dos elementos presentes, envolvendo assim além dos microrganismos, espécies que necessitam destes para o seu ciclo de vida.

A disposição de dejetos líquido de suínos sucessivamente ao longo dos anos nas mesmas áreas, pode causar sérios problemas com contaminação de águas subsuperficiais e rios com nitrato e fósforo (BERWANGER; CERETTA; SANTOS, 2008). Outro problema é a possibilidade de contaminação do solo e da água devido à alta concentração de metais pesados como cobre e zinco, que os dejetos líquidos de suínos possuem (MATTIAS et al., 2010).

As adubações contínuas, com dejetos poderão ocasionar desequilíbrios químicos, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, da capacidade de armazenamento do solo e do tempo de utilização dos dejetos (DORTZBACH et al., 2009).

2.2. O óleo vegetal e seu uso

Os óleos vegetais vêm desempenhando um papel importante na indústria alimentícia, melhorando as características sensoriais dos alimentos como sabor, odor e textura. Atualmente, devido à praticidade e à rapidez, necessárias ao preparo dos alimentos, grande parte dos óleos vegetais comestíveis está sendo usada em processos de fritura, nos quais, além de transferirem calor, conferem aos alimentos características organolépticas desejáveis (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

Atualmente, o mercado mundial de óleo vegetal é composto principalmente por produtos obtidos em quatro oleaginosas: palma, soja, colza e girassol. No Brasil, a principal fonte de óleo vegetal é a soja, já o caroço de algodão, o girassol, a mamona e a palma participam apenas com uma pequena parcela desse mercado (OSAKI; BATALHA, 2008).

O óleo de soja é produzido em maior quantidade do que qualquer outro óleo vegetal. A soja é cultivada principalmente nos Estados Unidos, Brasil, Argentina e China. O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja em grão, farelo e óleo de soja na safra de 2016/2017 (EMBRAPA, 2017).

O Brasil figura entre os maiores produtores de soja do mundo, sendo a leguminosa cultivada em várias regiões do país. Esse óleo tem sido utilizado também na produção de biocombustível e apresenta boas propriedades lubrificantes (SOUZA et al., 2011). O óleo de soja é obtido dos grãos, apresenta muitas vantagens devido ao alto conteúdo de ácidos graxos essenciais; formação de cristais, que são facilmente filtráveis quando o óleo é hidrogenado e fracionado; alto índice de iodo, que permite a sua hidrogenação produzindo grande variedade de gorduras plásticas e refino com baixas perdas (SILVA; GIOIELLI, 2006).

O perfil lipídico do óleo de soja apresenta em média 15 % de gordura saturada, 54 % de ácido linolênico, 8 % de ácido α -linolênico (ômega 3) e 23 % de gordura monoinsaturada (CARCEL, 2005). Esta característica faz com que o óleo de soja apresente, segundo Maleque; Masjuki; Sapuan (2003), facilidade para degradar, sendo um composto instável principalmente em operações onde ocorrem variações de temperatura. Diante deste quadro a maioria dos estudos realizados no início deste século foi voltada para a utilização óleo vegetal como fluido industrial e como isolante em transformadores. O óleo de soja com a adição de alguns aditivos (dibutilo 3,5-dit-butil-4-hidroxibenzil-fosfonato) mostra dupla função hidrogênica, onde tem-se a formação da película protetora e de limpeza, reduzindo assim o desgaste aumentando assim a vida útil dos equipamentos onde ele é empregado (SOUZA et al., 2011).

A adição de gorduras e óleos na suplementação de dietas para aves e suínos tornou-se uma prática difundida na indústria de alimentos. A adição de óleos e gorduras na alimentação dos suínos é uma estratégia de melhorar a palatabilidade das rações de maneira a favorecer o consumo pelos animais proporcionando uma maior conversão alimentar (LAURIDSEN et al., 2007). Os suínos podem utilizar eficientemente grandes quantidades de gordura suplementada na dieta, na prática a quantidade de gordura adicionada na dieta é limitada por problemas físicos de mistura e o custo efetivo da adição de gordura em formulações de mínimo custo. As gorduras são adicionadas em níveis de 3 a 5 % da dieta (PUPA, 2004).

2.3. Características dos Latossolos

Conhecer as características do solo no que diz respeito a todas as propriedades físicas, químicas e biológicas é de extrema importância para determinar a sua capacidade de recebimento dos dejetos. As interações podem ser as mais diversas possíveis, como a mineralização dos resíduos orgânicos pelos organismos do solo e disponibilização dos elementos às plantas, retenção de determinados elementos por grupos da fração mineral e orgânica do solo e movimentação dos elementos pelas águas de escoamento superior e também de movimento interior (MATTIAS et al., 2010).

O solo pode ser caracterizado por uma mistura heterogênea de materiais bióticos, como os microrganismos e plantas, e abióticos, como minerais, resíduos orgânicos e matéria orgânica (CARRILLO-GONZALEZ et al., 2006).

Segundo Embrapa (2013), os Latossolos possuem um estágio avançado de intemperização, são solos virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários e apresentam baixa capacidade de troca de cátions da fração argila. Os Latossolos são normalmente muito profundos e raramente inferiores a 100 cm e sua cor depende da natureza, forma e quantidade dos constituintes minerais, normalmente óxidos e hidróxidos de ferro.

Os Latossolos Vermelhos Distróféricos são normalmente ácidos, com baixa saturação por bases menor que 50 % e teores de óxido de ferro de no mínimo 180 g kg⁻¹, possuem baixa bases trocáveis de fósforo e alta capacidade de adsorção de fosfato. Normalmente são solos com os menores problemas de manejo por serem bem profundos, sem pedregosidade e com relevos mais suaves, porém são predispostos a erosão em sulcos (ZANÃO JÚNIOR; FARIA; CARAMORI, 2015).

O acúmulo de metais no solo pode ocorrer de diferentes formas, como solúvel em água, trocável, ligado a óxidos, ligado a carbonatos, ligado à matéria orgânica e residual na estrutura dos minerais (SODRÉ; LENZI; COSTA, 2001). As frações solúveis em água e trocáveis são consideradas biodisponíveis, as frações ligadas a óxidos, carbonatos e matéria orgânica podem ser potencialmente biodisponíveis, enquanto que a fração residual não é disponível para as plantas e microrganismos (KABALA; SINGH, 2001).

2.3.1. Fósforo

O fósforo é o nutriente que mais onera os custos de produção agrícola, pela baixa relação matéria-seca produzida por kg de nutriente aplicado. Isso se deve à sua deficiência natural, principalmente em solos tropicais (SILVA et al., 2003; CARNEIRO et al., 2008). O fósforo pode ser considerado o nutriente mais limitante da produção de biomassa dos solos tropicais devido a sua baixa disponibilidade em solos argilosos e intemperizados (EBERHARDT et al., 2008)

Segundo Loganathan e Fernando (1980), quando adiciona-se uma fonte solúvel de fósforo a determinado solo, mais de 90 % do total aplicado é adsorvido na primeira hora de contato com o solo. Este elemento é um importante macronutriente, componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucléicos e fosfolípídeos, e, também, da adenosina trifosfato (ATP). É considerado elemento essencial para as plantas e encontra-se em baixa quantidade nos solos brasileiros.

Entre os problemas decorrentes do dejetos suíno aplicado em lavouras sob plantio direto, onde não ocorre a incorporação, destaca-se o excessivo enriquecimento de nutrientes no solo, sobretudo na camada até 5 cm de profundidade (CASSOL et al., 2014). Isso ocorre de forma mais acentuada com o fósforo, que se acumula principalmente em formas inorgânicas e com intensidade proporcional à dose de aplicação (GATIBONI et al., 2008).

Nos animais o fósforo apresenta um importante papel no desenvolvimento e manutenção do esqueleto e também como suporte do crescimento dos órgãos e músculos bem como na performance de outras funções fisiológicas. A quantidade requerida do elemento aumenta com o peso do animal, variando de 1,75 a 12,30 g dia⁻¹ para o fósforo. Assim as concentrações nas dietas diminuem ao longo da vida animal, de 0,70 a 0,40 g kg⁻¹ de fósforo (QIAN; KORNEGAY; CONNER, 1996).

O fósforo tem sido um dos elementos mais estudados do ponto de vista de contaminação ambiental, pois pode, em determinadas situações, atingir redes de drenagem, comprometendo-as pelo processo de eutrofização (MATTIAS et al., 2010).

O conhecimento das formas de acumulação de fósforo em solos que receberam sucessivas aplicações de dejetos de suínos é essencial para conhecer o real potencial de contaminação desse elemento. Isso poderá ser considerado na elaboração de estratégias adequadas para o uso de dejetos em sistemas de cultivo (CERETTA et al, 2010).

2.3.2. Potássio

O potássio desempenha uma importante função na fisiologia das plantas, agindo na regulação das reações de síntese (TAIZ; ZIEGER, 2004). Entre as várias funções do potássio a regulação da turgidez dos tecidos, abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, resistência a doenças, resistência ao acamamento, além de estar diretamente associado à qualidade dos produtos agrícolas (NELSON; MOTAVALLI; NATHAN, 2005).

Plantas com deficiência de potássio podem ter alterações fisiológicas. Nesse caso, os estômatos tornam-se lentos aumentando as perdas de água, que por sua vez acentua o efeito do déficit hídrico, são menos capazes de absorver água e estão mais sujeitas ao estresse quando o teor de água está abaixo do crítico para cultura (NELSON; MOTAVALLI; NATHAN, 2005).

Ao ser aplicado em excesso, o K pode ocasionar distúrbios fisiológicos como queda na produção e qualidade dos frutos, desbalanço nutricional e aumento da pressão osmótica (MARSCHNER; CROWLEY; RENGEL, 2011).

2.3.3. Cobre e zinco.

O conhecimento da disponibilidade dos micronutrientes no solo é fundamental para uma recomendação de adubação adequada, evitando assim problemas de deficiência ou de toxidez. Na seleção de um método de análise de solo, é fundamental que haja relação positiva entre a concentração do nutriente extraído pelo método e o acúmulo do nutriente nas plantas (BORTOLON; GIANELLO, 2009).

Nas plantas, várias proteínas contendo cobre desempenham papel fundamental em processos tais como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. O papel do cobre no metabolismo secundário indica uma função importante do elemento para conferir à planta resistência a doenças. O atraso no florescimento e na senescência, que são frequentemente observados em plantas deficientes em cobre (REUTER et al., 1981). A falta de cobre afeta o crescimento reprodutivo (formação de grãos, sementes e frutos) muito mais do que o crescimento vegetativo. Nas flores de plantas adequadamente supridas com cobre, as anteras (contendo pólen) e os ovários têm o maior teor e demanda deste nutriente, Assim o pólen proveniente de plantas deficientes em cobre não é viável (AGARWALA et al., 1980).

O efeito marcante da falta de cobre é a diminuição do crescimento reprodutivo do trigo. Os sintomas de deficiência de cobre são clorose, necrose, distorção foliar e dieback (seca de ponteiro). Plantas de cereais deficientes apresentam aparência arbustiva, com as pontas das folhas enroladas e brancas e redução da formação de panículas. As espigas não se desenvolvem totalmente e podem ficar parcialmente chochas. A redução da lignificação é outro sintoma típico, o qual é associado com murcha, tombamento das brotações e acamamento, principalmente em cereais, e baixa resistência a doenças. A deficiência de cobre reduz drasticamente as produções de frutos e sementes em decorrência de seu efeito indutor da esterilidade masculina (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

O excesso de cobre na maioria das plantas se manifesta através de necrose e redução no crescimento do sistema radicular, necrose das folhas, desfolhamento precoce e diminuição do crescimento aéreo da planta (SOARES et al., 2000).

Quando ocorre deficiência de zinco, a atividade da anidrase carbônica diminui acentuadamente. Esta enzima é localizada no citoplasma e nos cloroplastos e pode facilitar a transferência de dióxido de carbono e bicarbonatos para a fixação fotossintética de dióxido de carbonos (HATCH; BURNELL, 1990). O distúrbio no metabolismo de auxina, particularmente do ácido indolacético, está intimamente relacionado com os mais distintos sintomas de deficiência de zinco, que são plantas enfezadas e roseta, isto é, a inibição da elongação dos internódios e a redução do tamanho da folha. Os sintomas visuais mais característicos em dicotiledôneas são os internódios curtos e a diminuição da expansão foliar deixando as folhas pequenas. Nas monocotiledôneas, faixas cloróticas se formam em ambos os lados da nervura central, as quais, posteriormente, tornam-se necróticas. A ocorrência de plantas enfezadas e especialmente de necrose das folhas mais velhas em plantas deficientes em zinco é intensificada com alta intensidade luminosa. Em árvores no campo, o lado voltado para o sol é particularmente afetado, indicando o envolvimento de radicais superóxido (CAKMAK, 2000). O zinco também é requerido para o crescimento generativo e a viabilidade do pólen é altamente dependente de um adequado suprimento deste nutriente (SHARMA et al., 1990).

O zinco é um micronutriente essencial para os organismos, por ser um componente estrutural de muitas proteínas, além de ser particularmente indispensável para o crescimento das plantas. A deficiência de zinco pode reduzir a produtividade de grãos e deixar os cereais mais suscetíveis a doenças, diminui a

qualidade nutricional dos grãos onde ocorre a redução drástica da síntese proteica, causa retardo e redução no crescimento, folhas pequenas e mal conformadas, entre nós curtos, formação de folhas em roseta, clorose internerval e necrose no meristema apical da raiz (BROADLEY et al. 2007).

Em altas concentrações, esse metal é potencialmente tóxico. A toxidez do zinco em plantas acarreta na diminuição tanto da produção de matéria seca da parte aérea, quanto da biomassa radicular, necrose da radícula ao entrar em contato com o solo, morte da plântula e inibição do crescimento vegetal (CARNEIRO; SIQUEIRA; MOREIRA, 2002 e LI et al. 2011)

O cobre e o zinco têm origem nas rações que são fornecidas aos suínos que, geralmente sofrem suplementação com fontes de cobre e zinco, em certo grau às vezes excedendo grandemente o requerimento fisiológico dos suínos (JONDREVILLE; REVY; DOURMAD, 2003). São atribuídas muitas funções a estes dois elementos no metabolismo dos suínos, e as quantidades assimiladas são muito pequenas. Do total adicionado via ração, se estima que 72-80 % do total de cobre ingerido é eliminado via dejeções dos suínos. Para o zinco a quantidade eliminada via dejetos pode ser ainda maior chegando a 92-96 % do ingerido, por isso a preocupação dos técnicos na adição de fontes, destes elementos, em quantidades muitas vezes excessivas (BASSO et al., 2005).

O cobre e zinco são componentes minoritários no corpo dos suínos. Um suíno com peso aproximado de 100 kg contém menos de 200 mg de cobre e 2000 mg de zinco (MAHAN; SHEILDS, 1998). Contudo, estes dois elementos participam de muitas funções metabólicas. O cobre tem um papel essencial para a síntese da hemoglobina e também para a síntese e ativação de muitas enzimas necessárias para o metabolismo dos suínos auxiliando ainda na prevenção de anemia, porque a deficiência do cobre pode levar a uma baixa mobilização do ferro no organismo. O zinco, por sua vez, é constituinte de mais de 300 metaloenzimas, 23 sendo requeridas ainda pelo menos em uma a cada seis classes de enzimas (JONDREVILLE; REVY; DOURMAD, 2003). Possui também um papel importante no metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídeos e vitaminas, como a vitamina A, por exemplo, mantendo-a em concentrações normais no sangue. Os principais benefícios advindos da elevação na suplementação de cobre e zinco na dieta seriam: melhor conversão alimentar, melhor crescimento, melhor rendimento ao abate (ANDRIGUETTO et al., 1981). Apresentam também um papel importante

relacionado à ação antibactericida dos elementos e consequente efeito estimulante para os suínos, porém para esta ação são requeridas doses mais elevadas nas rações (MATTIAS et al., 2010).

2.3.4. Ferro e Manganês

O manganês é um micronutriente que atua na síntese de clorofila e sua função principal está relacionada à ativação de enzimas. Esse nutriente desempenha papel fundamental na alongação celular e sua deficiência pode inibir a síntese de lipídios ou metabólitos secundários, como o ácido giberélico e os isoprenóides (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Este elemento está relacionado à formação da lignina, presente na parede celular, à qual confere menor permeabilidade, exercendo assim, efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento das sementes (FERNANDES et al., 2007).

A alta concentração de manganês promove alterações nas paredes celulares, necrose do caule e das folhas, diminuição da capacidade fotossintética da planta, crescimento retardado, queima das pontas de folhas e flores, encarquilhamento das folhas e ainda pode apresentar salpicos marrons em folhas maduras (LINDON; BARREIRO; RAMALHO, 2004).

O manganês também é um elemento essencial ao desenvolvimento dos animais e é encontrado em pequenas quantidades na praticamente todos os tecidos do animal. É ativador de várias enzimas, entre as quais a arginase, enolase, tiaminase, e de enzimas essenciais no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas. O manganês também atua na formação da matriz orgânica óssea (ANDRIGUETO et al., 1981)

O ferro também é um micronutriente e está relacionado a diversas atividades metabólicas, participando da formação de algumas de algumas enzimas (catalase, peroxidase, citocromo oxidase e xantina oxidase), além de ser indispensável nos processos de respiração, fotossíntese, fixação de nitrogênio nas plantas (MARSCHNER; CROWLEY; RENGEL 2011).

O ferro promove o desenvolvimento do sistema radicular. Entretanto, o excesso de ferro retarda o crescimento. Em casos severos, as folhas apresentam-se com bronzeamento, amarelecimento ou descoloração laranja que se expande da

extremidade superior das folhas mais velhas para a base, e pode evoluir para necrose e morte das folhas (KUKI; OLIVA; COSTA, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimentos

As amostras de solos foram coletadas em experimentos conduzidos pelo Instituto Agronômico do Paraná, localizados nas cidades de Santa Tereza do Oeste - PR e Palotina - PR.

3.1.1. Santa Tereza do Oeste - PR

O experimento de Santa Tereza do Oeste foi implantado no ano de 2015, na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná, latitude 25° 03' 08" S, longitude 53° 37' 59" W, altitude de 749 m. O clima é classificado como subtropical úmido (IAPAR, 1994).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2013), com 13 % de areia, 18 % de silte e 69 % de argila.

O experimento foi conduzido sob sistema plantio direto, com cinco tratamentos, sendo três doses de dejetos líquidos de suínos, uma testemunha (sem adubação) e um tratamento com adubação mineral. As doses foram 50, 100 e 150 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (em média).

O experimento foi instalado em blocos casualizados, com quatro repetições com unidades experimentais de 50 m² (5 m x 10 m).

Antes da execução do trabalho, a área se encontrava em cultivo de plantas de cobertura de solos (consorciação de aveia preta, tremoço branco e nabo forrageiro). Posteriormente, aos 30 dias antes da semeadura, foi realizada dessecação das plantas de cobertura com o herbicida glifosato 480 g L⁻¹ (1,44 kg ha⁻¹ de i.a.), adicionando-se o adjuvante éster metílico de óleo de soja 720 g L⁻¹ (360 g ha⁻¹ de i.a).

Os tratos culturais foram efetuados normalmente conforme as recomendações técnicas para a cultura. O histórico do experimento se encontra na Tabela 1.

As doses do dejetos foram aplicadas sempre um dia antes da semeadura em todas as safras. Nas parcelas do tratamento em que foi avaliado o adubo mineral, ele foi aplicado no sulco de semeadura.

O dejetos líquido de suínos utilizado foi proveniente de um biodigestor da Coopavel (Cooperativa Agroindustrial de Cascavel). Sua aplicação foi feita com o auxílio de um tanque (maconel).

Tabela 1. Histórico do experimento: culturas, doses dos dejetos e adubação mineral utilizada do período de 2015 a 2017.

| Cultura | Período | Doses de dejetos | Adubação mineral |
|---------|---------------------|---------------------------------|---|
| | | m ³ ha ⁻¹ | Dose (kg ha ⁻¹) / tipo / complemento* |
| Soja | 12/11/15 a 05/04/16 | 48, 96 e 144 | 300/04-30-10 e 20 kg ha ⁻¹ de K ₂ O |
| Trigo | 09/06/16 a 24/10/16 | 46, 92 e 138 | 300/04-30-10 e 60 kg ha ⁻¹ de N |
| Feijão | 11/01/17 a 27/03/17 | 48, 96 e 144 | 200/04-30-10 e 60 de N e 40 de K ₂ O |
| Aveia | 20/05/17 a 03/09/17 | 61, 122 e 183 | 300/04-30-10 e 100 kg ha ⁻¹ de N |

* corresponde a dose e tipo do formulado NPK aplicado no sulco de plantio e o complemento se refere à adubação complementar realizada à lanço, na época recomendada para a realização da adubação nitrogenada em cobertura. Como fonte de N era aplicada a ureia (44 % de N) e como fonte de K, o KCl (60 % de de K₂O).

A menor dose dos dejetos de suínos foi definida para fornecer a mesma quantidade de fósforo, que a adubação mineral, para a soja e para o feijão e a mesma quantidade N, que a adubação mineral, para o trigo e a aveia. As doses dois e três apresentam o dobro e o triplo, respectivamente, das quantidades estabelecidas.

3.1.2. Palotina - PR

O experimento de Palotina - PR foi instalado em 1996, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná, localizado a uma altitude de 290 m, 24° 17' 02" S e 53° 50' 24" W, com clima subtropical úmido em solo de textura argilosa classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2013). O solo possui 20 % de areia, 23 % de silte e 57 % de argila.

Os tratamentos foram implantados em sistemas de plantio direto e adubados com quatro doses de dejetos líquido de suínos, sendo 0, 30, 60, 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

O experimento foi instalado em blocos casualizados, com quatro repetições com unidades experimentais de 100 m² (5 m x 20 m). As doses do dejetos líquido de suínos foram aplicadas um dia antes da semeadura. A cultura antecessora foi o trigo e foi implantada a cultura da soja.

Metade das doses foi aplicada na safra de verão e a outra metade na safra de inverno. A área foi cultivada com soja (*Glycine max* L.) ou milho (*Zea mays* L.) no verão e trigo (*Triticum sativum* L.) ou aveia (*Avena sativa* L.) no inverno.

O dejetos líquido de suínos utilizado foi proveniente de esterqueiras localizadas em propriedades rurais da região.

3.2. Amostragem de dejetos e solos

Foi realizada a coleta de dez amostras de efluentes de lagoas de resíduos da suinocultura para se obter uma média da composição química desses dejetos, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores médios de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e óleos e graxas encontrados em amostras de dejetos líquidos de suínos, analisados em base seca, na região de Cascavel - PR.

| N Total | P | K | Ca | Mg | Óleos e Graxas | Cu | Fe | Mn | Zn |
|-------------------------------|----|----|-----|-----|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|
| -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | |
| 59 | 47 | 29 | 7,6 | 3,7 | 15,7 | 5361,1 | 885,0 | 456,0 | 3933,3 |

A amostragem de solo foi realizada antes da semeadura da safra 2017/2018, em cada parcela, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, com auxílio de trado holandês. As amostras compostas, formadas por 15 amostras simples, foram acondicionadas em pacotes plásticos e foram encaminhados para o laboratório.

As amostras de solo foram colocadas em caixas de papel e levadas a estufa com temperatura de 60 °C, com circulação forçada de ar por 12 horas para retirada da umidade, e após secagem foram destorroadas em moinho tipo martelo e peneiradas em peneira com malha de 2 mm.

3.3. Análises químicas

3.3.1. Dejetos

Nos dejetos foram determinados os teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco nos dejetos foi utilizado o método nº 3050B (EPA, 1996), metodologia proposta pela Environmental Protection

Agency (EPA) (MATTIAS et al., 2010). Para a análise de óleos e graxas totais nos efluentes foi utilizado o método 5520 D do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

3.3.2. Solo

Os teores de óleos e graxas totais no solo foram analisados por meio do extrator de lipídios Soxhlet, com solvente orgânico hexano, utilizando-se metodologia adaptada do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para determinar a fração considerada disponível de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco foi utilizada a extração Mehlich-1 ($0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ de H_2SO_4 e $0,050 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl) (EMBRAPA, 1997) e a quantificação foi realizada em ICP/OES.

3.4. Análises Estatísticas

Em ambos os experimentos os dados foram avaliados como esquema fatorial, 2×5 no caso de Santa Tereza do Oeste e 2×4 no caso de Palotina. Nesses fatoriais, o “2” representa as duas profundidades que foram consideradas como fator e os outros fatores representam os tratamentos avaliados em cada área experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de fósforo, potássio, cobre, manganês e zinco apresentaram diferenças significativas entre as profundidades do solo nos dois experimentos avaliados (Tabela 3). O acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo é comum no sistema de plantio direto (SPD), que se caracteriza por manter os resíduos culturais na superfície e não revolver o solo (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008). A disposição intensiva de dejetos de suínos pode promover acúmulo de nutrientes com menor mobilidade como fósforo, cobre e zinco, na camada superficial do solo segundo Scherer; Baldissera; Nesi (2007).

Tabela 3. Teores de óleos e graxas, fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco no solo em função da profundidade, nos experimentos de Santa Tereza do Oeste e Palotina, PR, 2018.

| Santa Tereza do Oeste - PR | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------------------|
| Profundidade | P | K | Cu | Fe | Mn | Zn | Óleos e graxas |
| | mg dm ⁻³ | | | | | | mg kg ⁻¹ |
| 0-5 | 144,9 a | 356,4 a | 16,2 a | 28,1 a | 74,6 a | 146,2 a | 1878,3 a |
| 5-10 | 20,9 b | 235,9 b | 6,2 b | 30,0 a | 51,8 b | 13,2 b | 1651,4 b |
| CV% | 18,2 | 16,5 | 20,2 | 10,3 | 14,5 | 10,6 | 5,9 |
| Palotina - PR | | | | | | | |
| Profundidade | P | K | Cu | Fe | Mn | Zn | Óleos e graxas |
| | mg dm ⁻³ | | | | | | mg kg ⁻¹ |
| 0-5 | 169,2 a | 447,9 a | 51,1 a | 20,1 a | 228,1 a | 62,7 a | 2653,3 a |
| 5-10 | 86,5 b | 352,5 b | 26,5 b | 20,7 a | 183,9 b | 26,2 b | 2461,0 a |
| CV% | 13,5 | 12,4 | 9,8 | 8,9 | 10,3 | 12,1 | 10,9 |

Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Scherer; Baldissera; Nesi (2007) verificaram que a adubação com dejetos de suínos alterou significativamente os teores de Zn até a profundidade de 10 cm, ao passo que a concentração de Cu foi alterada até a profundidade de 20 cm. Essa mobilidade descendente do Cu no perfil pode estar relacionada às características dos solos, que interferem na disponibilidade e mobilidade do elemento no perfil conforme Graber et al. (2005).

Os teores de ferro não apresentaram diferença significativa entre as profundidades do solo, isso devido a grande concentração natural desse elemento

nos Latossolos. Lana et al. (2014) analisando o ferro e manganês no perfil do solo fertilizado com resíduos orgânicos, também verificaram que não houve diferença significativa entre os teores de ferro em função das profundidades do solo.

A concentração de óleos e graxas no solo do experimento de Santa Tereza do Oeste apresentou diferença significativa entre as profundidades, sendo que a camada de 0-5 cm foi a que apresentou a maior concentração desses compostos (Tabela 3). Os resíduos alimentares oleosos contendo altas concentrações de gorduras, óleos e graxas têm uma alta relação C / N (90: 1) e quando aplicados em solos agrícolas podem afetar a disponibilidade de nutrientes, devido à sua imobilização no solo durante sua decomposição (RASHID; VORONEY, 2004).

Para o experimento de Palotina, não foi observada diferença significativa entre as duas profundidades em relação à concentração de óleos e graxas (Tabela 3). A aplicação constante durante os 20 anos de condução do experimento provavelmente proporcionou o acúmulo de óleos e graxas nas duas profundidades.

No experimento de Santa Tereza do Oeste a maior dose do dejetos líquido de suínos proporcionou acúmulo maior de fósforo, potássio, cobre e zinco quando comparada com as demais doses. Os teores de ferro e manganês não apresentaram diferença significativa entre as doses aplicadas (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas no solo em função da aplicação de doses de dejetos de suínos e adubo mineral. Santa Tereza do Oeste, PR, 2018.

| Tratamentos | P | K | Cu | Fe | Mn | Zn | Óleos e graxas |
|---|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | | mg kg ⁻¹ |
| Testemunha | 20,7 c | 239,8 b | 3,9 d | 25,8 a | 57,8 a | 10,4 c | 316,1 c |
| Mineral | 29,2 c | 305,8 a | 4,3 d | 28,9 a | 55,2 a | 8,1 c | 1449,0 b |
| 50,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 76,8 b | 239,0 b | 10,7 c | 29,8 a | 61,4 a | 96,9 b | 2540,5 a |
| 100,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 101,0 b | 250,8 b | 15,7 b | 29,7 a | 65,9 a | 101,3 b | 2383,5 a |
| 150,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 187,1 a | 295,1 a | 21,4 a | 32,0 a | 65,6 a | 181,8 a | 2635,3 a |

Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As sucessivas aplicações, sob as mesmas áreas, resultam em um excesso de nutrientes em relação à capacidade de ciclagem do solo e da capacidade de extração das plantas (KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009). Na medida em que esse excesso perdura, além de causar desequilíbrios no solo, pode também poluir as águas superficiais e subsuperficiais. Isso pode ocorrer não apenas pela aplicação de

altas doses de dejetos, mas também pelo uso continuado desses resíduos como adubação nas mesmas áreas (SEGANFREDO; SOARES; KLEIN, 2003).

Cassol et al. (2012), estudaram a disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos líquidos de suínos. Utilizaram doses de 0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ e observaram que o teor de potássio no solo aumentou nos tratamentos adubados com dejetos em relação à testemunha. Os acréscimos mais expressivos foram observados com as doses de 100 e 200 m³ ha⁻¹, nas camadas até 5 cm de profundidade.

O expressivo acúmulo de fósforo nos 5 cm superficiais do solo também foi evidenciado por Scherer; Baldissera; Nesi, (2007) em estudos realizados em dois Latossolos Vermelhos distroféricos cultivados com milho sob sistema de plantio direto. Foram aplicadas doses anuais de até 115 m³ ha⁻¹, pelo período de três anos.

A concentração de potássio foi significativamente maior com aplicação da dose de 80 m³ ha⁻¹ e se igualou à concentração da obtida com adubação realizada com fertilizante mineral (Tabela 4). Isso representa uma das principais razões para evitar aplicações excessivas do dejetos de suínos, pois com essa acumulação aumenta substancialmente o risco do transporte de elementos como potássio e fósforo pelo escoamento superficial de água (GESSEL et al., 2004; CERETTA et al., 2010).

Giroto et al. (2010), verificaram que a camada superficial de 0-2 cm do solo apresentou 85,7 e 70,4 mg kg⁻¹ de cobre e zinco, respectivamente, quando aplicada a dose de 80 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos na superfície do solo sob sistema plantio direto, sendo esses resultados superiores às outras doses de 20 e 40 m³ aplicadas. As 17 aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos no solo, durante 78 meses do experimento, aumentaram os teores de cobre e zinco no solo das camadas superficiais, com migração de cobre até a profundidade de 12 cm e de zinco até 10 cm. Estes metais têm origem nas rações que compõem a dieta dos suínos, agindo como suplemento na alimentação e, por muitas vezes, esses micronutrientes excedem grandemente o requerimento fisiológico dos animais. Segundo Tiecher et al. (2013), o conteúdo de cobre e zinco aumentou, principalmente na superfície do solo, até a camada de 0-5 cm quando aplicados 90 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e, principalmente 180 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos.

Mattias et al. (2010), analisando teores de cobre, zinco e manganês em solos de duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina, com uso intensivo de dejetos

líquido de suínos, concluíram que sucessivas aplicações desses resíduos aumentam a disponibilidade de cobre, zinco e manganês no solo, exigindo o monitoramento de seus conteúdos ao longo do tempo.

A concentração de óleos e graxas no solo do experimento de Santa Tereza do Oeste foi estatisticamente igual nos tratamentos em que foram aplicadas doses de dejetos de suínos, no entanto, maiores que as observadas na testemunha e na adubação mineral (Tabela 4). Isso demonstra que a aplicação de dejetos pode proporcionar um acúmulo de óleos e graxas nas camadas superficiais do solo. Normalmente óleos e gorduras são adicionados às dietas de suínos para aumentar a densidade energética das rações (BRUSTOLINNI et al., 2004).

No experimento do município de Palotina, os elementos fósforo, potássio, cobre e zinco apresentaram um acumulado maior com aplicação da dose de 120 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos (Tabela 5)

Tabela 5. Teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês, zinco, óleos e graxas no solo em função da aplicação de doses de dejetos de suínos e adubo mineral. Palotina, PR, 2018.

| Tratamentos | P | K | Cu | Fe | Mn | Zn | Óleos e Graxas |
|---|---------------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|---------------------|
| | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | | mg kg ⁻¹ |
| Testemunha | 1,78 c | 22,99 c | 1,88 c | 12,9 b | 44,74 b | 0,80 c | 493,75 d |
| 30,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 87,2 b | 401,6 b | 30,1 b | 19,0 a | 176,6 a | 33,7 b | 1685,7 c |
| 60,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 95,9 b | 381,1 b | 34,2 b | 19,6 a | 187,4 a | 36,4 b | 2562,8 b |
| 120,0 m ⁻³ ano ⁻¹ | 188,5 a | 480,9 a | 45,5 a | 20,5 a | 196,8 a | 68,3 a | 3633,5 a |

Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Dortzbach et al. (2009), em seu trabalho sobre o acúmulo de fósforo e potássio em solo adubado com dejetos suínos e cultivado com milho sob sistema plantio direto, observaram que as adubações com dejetos suínos aumentaram os teores de fósforo e potássio em relação à testemunha e maior concentração de fósforo foi encontrada na camada superficial do solo.

Os teores de ferro e manganês não apresentaram diferença significativa entre as doses aplicadas no solo em Palotina, mas apresentaram diferença, comparados com a testemunha (Tabela 5).

Mattias et al. (2010) não observaram efeito significativo do tempo de uso de dejetos de suínos sobre os teores de cobre no solo, constatando baixa relação entre o tempo de aplicação de dejetos de suínos e o aumento nos teores de cobre em dois solos de Santa Catarina.

A concentração de óleos e graxas apresentou seu maior valor com a aplicação de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos de suínos para o experimento de Palotina, mostrando um aumento linear em função das doses aplicadas (Tabela 5).

Os solos apresentam propriedades químicas que permitem a retenção dos metais nele aplicados, diminuindo a possibilidade de os mesmos atingirem camadas inferiores, até o lençol freático, ou mesmo águas superficiais, porém sabemos que a capacidade de acúmulo dos solos é finita, ou seja, há um limite máximo para as adições de materiais com elevada concentração desses elementos. É importante, identificar as características de solo, verificar qual é capacidade máxima do solo antes de fazer a aplicação de algum tipo de resíduo, conforme Mallmann et al. (2014).

O uso excessivo durante anos de dejetos de suínos como adubação leva ao acúmulo de nutrientes no solo principalmente fósforo, cobre e zinco, cuja concentração é maior nesse tipo de resíduo. Deve-se ter critério para recomendação desse tipo de adução, levando em consideração a capacidade máxima de armazenamento do solo e a exportação desses minerais pela cultura a ser cultivada.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de dejetos líquidos de suínos influenciou os teores de fósforo, potássio, cobre, manganês, zinco, óleos e graxas do solo nas áreas amostradas, com concentração maior observada na camada de 0 - 5 cm de profundidade

As doses do dejetos líquidos de suínos contribuíram significativamente para o aumento das concentrações de fósforo, potássio, cobre, zinco e óleos e graxas no solo, sendo que o maior volume de dejetos líquidos de suínos aplicado proporcionou maior concentração desses elementos no solo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWALA, S. C.; SHARMA, P. N.; CHATERJEE, C.; SHARMA, P. C. Copper deficiency-induced changes in wheat anther. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 46, n. 2, p. 172-176, 1980.
- AGARWALA, S. C.; SHARMA, P. N.; CHATERJEE, C.; SHARMA, P. C. Copper deficiency-induced changes in wheat anther. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 46, n. 2, p. 172-176, 1980.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal**. São Paulo. Ed Nobel. 4^o Ed. v. 1, 1981.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater**. 22th ed. Washington. D.C: APHA.BRASIL. 2012.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R., POLETO, N.; GIROTO, E. II- perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1305-1312, 2005.
- BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2525-2532, 2008.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 647-658, 2009.
- BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; HAMMOND, J. P.; ZELKO, I.; LUX, A. Zinc in plants. **New phytologist**, v. 173, n. 4, p. 677-702, 2007.
- BRUSTOLINNI, P. C.; SILVA, F. C. O.; DONZELE, J. L.; VELOSO, J. A. F.; FONTES, D. O.; KILL, J. L. Efeitos de fontes lipídicas e níveis de energia digestível sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de marrãs. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 4, p. 511-521, 2004.
- CAKMAK, I. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. **The New Phytologist**, v. 146, n. 2, p. 185-205, 2000.
- CARCEL, A. X. Evaluation of vegetable oils as pre-lube oils for stamping. **Materials e Design**, v. 26, n. 7, p. 587-593, 2005.
- CARNEIRO, L. F.; FURTINI NETO, A. E.; REZENDE, A. V.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; LAGO, F. J. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1133-1141, 2008.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA J. O. MOREIRA F. M. S. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1629-1638, 2002.

CARRILLO-GONZÁLEZ, R.; SIMUNEK, J.; SAUVE, S.; ADRIANO, D. Mechanisms and pathways of trace element mobility in soils. **Advances in agronomy**, v. 91, p. 111-178, 2006.

CASSOL, P. C.; CIDRAL DA COSTA, A.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1911-1923, 2012.

CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P. R.; ERNANI, P. R.; KLAUBERG FILHO, O.; LUCRECIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 2, p. 103-112, 2014.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refiado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 111-116, Maio/Agosto, 2002.

CERETTA, C. A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; MIOTTO, A. 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.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 420 de 28 de dezembro de 2009.** Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620> Acesso em: 05 Jun. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005.** Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 05 Jun. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 375 de 29 de agosto de 2006.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2017.

DELGADO, C.; ROSEGRANT, M.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. Livestock to 2020: the next food revolution. **Outlook on Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 27-29, 2001.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos.** Boletim informativo de pesquisa e extensão, 14. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Emater/RS, 2002.

DORTZBACH, D.; DE LÉIS, C. M.; SARTOR, L. R.; COMIN, J. J.; BELLI FILHO, P. Acúmulo de Fósforo e Potássio em Solo Adubado com Dejetos Suínos Cultivado com Milho sob Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2847-2850?, 2009.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. D. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª edição, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 353 p. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2016/2017)**. Disponível <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 21 de dezembro de 2017.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3050B**. Acid digestion of sediments, sludges, and soils, 1996.

FERNANDES, D. S.; SORATTO, R. P.; KULCZYNSKI, S. M.; BISCARO, G. A.; DOS REIS, C. J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em consequência da aplicação foliar de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 419-426, 2007.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B. A.; MATHEUS, R. R. Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes. **BNDES Setorial**, n. 29, p. 203-227, 2009.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1753-1761, 2008.

GESSEL, P. D.; HANSEN, N. C.; MONCRIEF, J. F.; SCHMITT, M. A. Rate of fall-applied liquid swine manure: Effects on runoff transport of sediment and phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 5, p. 1839-1844, 2004.

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R. D.; SILVA, L. S. D.; LOURENZI, C. R.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 955-966, 2010.

GRABER, I.; HANSEN, J. F.; OLESEN, S. E.; PETERSEN, J.; OSTERGAARD, H. S.; KROGH, L. Accumulation of copper and zinc in Danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography**, v. 105, n. 2, p. 15-22, 2005.

HADLICH, G. M. **Poluição hídrica na bacia do Rio Coruja-Bonito (Braço do Norte/ SC) e Suinocultura: uma perspectiva sistêmica**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

HATCH, M. D.; BURNELL, J. N. Carbonic anhydrase activity in leaves and its role in the first step of C4 photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 93, n. 2, p. 825-828, 1990.

IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR. 49 p. 1994.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos - 4ª Edição 1ª Edição** São Paulo, 2008.

JONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOORMAD, 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, n. 2, p. 147-156, 2003.

KABALA, C.; SINGH, B. R. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in vicinity of a copper smelter. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n. 2, p. 485-492, 2001.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agrônômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

KONZEN, E.A.; ALVARENGA, R.C. **Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos e ambientais**. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, 2005. 16 p. (Circular Técnica, 63).

KUKI, K. N.; OLIVA, M. A.; COSTA, A. C. The simulated effects of iron dust and acidity during the early stages of establishment of two coastal plant species. **Water, Air and Soil pollution**, v. 196, n. 1-4, p. 287-295, 2009.

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

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485–5489, 2009.

LANA, R. M. Q.; REZENDE, R. V.; LANA, A. M. Q.; SILVA, A.A; VITORINO, L. B.; GOMIDES, J. N., Ferro e Manganês no perfil do solo em *Saccharum officinalis* fertilizada com resíduos orgânicos. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 131-139, 2014.

LAURIDSEN, C.; HEDEMANN, M.S.; PIERZYNOWSKI, S.; JENSEN, S.K. Dietary manipulation of the sow milk does not influence the lipid absorption capacity of the progeny. **Livestock Science**, v. 108, n. 1, p. 167-170, 2007.

LI, T.; DI, Z.; ISLAM, E.; JIANG, H.; YANG, X. Rhizosphere characteristics of zinc hyperaccumulator *Sedum alfredii* involved in zinc accumulation. *Journal of Hazardous Materials*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 2-3, p. 818-823, 2011.

LINDON, F. C.; BARREIRO, M. G.; RAMALHO, J. C. Manganese accumulation in rice: implications for photosynthetic functioning. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 11, p. 1235-1244, 2004.

LOGANATHAN, P.; FERNANDO, W. T. Phosphorus sorption by some coconut growing acid soils of Sri Lanka and its relationship to selected soil properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 31, n. 7, p. 709-717, 1980.

MAHAN, D. C.; SHIELDS Jr., R. G. Macro-and micromineral composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 2, p. 506-512, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos. 319p, 1997.

MALEQUE, M. A.; MASJUKI, H. H.; SAPUAN, S. M. Vegetable-based biodegradable lubricating oil additives. **Industrial lubrication and Tribology**, v. 55, n. 3, p. 137-143, 2003.

MALLMANN, F. J. K.; DOS SANTOS RHEINHEIMER, D.; CERETTA, C. A.; CELLA, C.; MINELLA, J. P. G.; GUMA, R. L.; ŠIMŮNEK, J. Soil tillage to reduce surface metal contamination—model development and simulations of zinc and copper concentration profiles in a pig slurry-amended soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 196, p. 59-68, 2014.

MARSCHNER, P.; CROWLEY, D.; RENGEL, Z. Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis - model and research methods. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 5, p. 883-894, 2011.

MATTIAS, J. L.; CERETTA, C. A.; NESI, C. N.; GIROTTI, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1445-1454, 2010.

MELLER, C. B. **Tecer, lançar e recolher redes de saberes ambientais de atores sociais que se envolvem com a suinocultura**. Tese de Doutorado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Pós-Graduação em Educação. São Leopoldo: 2007.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of no-till soybean to timing of preplant and foliar potassium applications in a claypan soil. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 3, p. 832–838, 2005.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008.

PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 69-73, 2004.

QIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; CONNER, D. E. Adverse effects of wide calcium: phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1288-1297, 1996.

RASHID, M. T.; VORONEY, R. P., Land application of oily food waste and corn production on amended soils. **Agronomy journal**, v. 96, n. 4, p. 997-1004, 2004.

REUTER, D. J.; ROBSON, A. D.; LONERAGAN, J. F.; TRANTHIM-FRYER, D. J. Copper nutrition of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. cv Seaton Park). 11 Effects of copper supply on the distribution of copper and the diagnosis of copper deficiency by plant analysis. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 32, p. 267-282, 1981.

SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A. sustentabilidade e agricultura familiar: um estudo de caso em uma associação de agricultores rurais/sustainability and family agriculture: a case study in a rural farmer association. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 69, 2013.

SANTOS, T.; LUCAS JÚNIOR, J. D.; SILVA, F. M. D. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p. 658-664, 2007.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I.T., NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, 2007.

SEGANFREDO, M. A.; SOARES, I. J.; KLEIN, C. S. **Potencial fertilizante e poluente dos dejetos de suínos no contexto das pequenas propriedades do oeste de SC**. EMBRAPA, Comunicado Técnico 342, 2003.

SERAFIM, G. B; GUIMARÃES FILHO, L. P. Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do Rio Sangão-Santa Catarina. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 5, n. 2, 2012.

SHARMA, P. N.; CHATTERJEE, C.; AGARWALA, S. C.; SHARMA, C. P. Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). **Plant and Soil**, v. 124, p. 221-225, 1990.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016

SILVA, M. A.; NÓBREGA, J. C. A.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; DE SÁ, J. J. G.; MARQUES, M.; MOTTA, P. E. F. Frações de fósforo em Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1197-1207, 2003.

SILVA, R. C.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físicas de lipídeos estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, p. 223-235, 2006.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. D.; MOREIRA, F. M. S.; GRAZZIOTTI, P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 3, p. 213-225, 2000.

SODRÉ, F. F.; LENZI, E.; COSTA, A. C. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 324-330, 2001.

SOUZA, E. C.; BELINATO, G.; OTERO, R. L. S.; SIMÊNCIO, E. C. A.; AUGUSTINHO, S. C. M.; CAPELUPI, W.; CONCONI, C.; CANALE, L. C. F.; TOTTEN, G. E. Thermal oxidative stability of vegetable oils metal heat treatment quenchant. **Journal of ASTM International**, v. 9, n. 1, p.1-30. 2011.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p

THOMS, E.; ROSSA, L. S.; STAHLKE, E. V. R.; FERRO, I. D.; MACEDO, R. E.F. Perfil de consumo e percepção da qualidade da carne suína por estudantes de nível médio da cidade de Irati, PR. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 449-459. 2010.

TIECHER, T. L.; CERETTA, C. A.; COMIN, J. J.; GIROTTO, E.; MIOTTOV, A.; MORAES, M. P.; BENEDET, L.; FERREIRA, P. A. A.; LORENZ, C. R.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 812-824, 2013.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, n. 3, p. 421-428, 2008.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. Londrina-PR: IAPAR, 2015.