

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL EM
CULTURAS DE MILHO, AVEIA E SOJA**

NATHALIE CAROLINE HIRT KESSLER

CASCAVEL - Paraná - Brasil

2012

NATHALIE CAROLINE HIRT KESSLER

**ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL EM
CULTURAS DE MILHO, AVEIA E SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio

CASCADEL - Paraná - Brasil

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

K52a Kessler, Nathalie Caroline Hirt
Água residuária de suinocultura associada à adubação mineral em culturas de milho, aveia e soja. / Nathalie Caroline Hirt Kessler—
Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012.
64 p. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola,
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Dejetos suínos. 2. Lixiviado. 3. Reuso de água na agricultura. 4. Água residuária – Suinocultura. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21. ed. 631.86

NATHALIE CAROLINE HIRT KESSLER

**ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL EM
CULTURAS DE MILHO, AVEIA E SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – RHESA, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Professor Dr. Silvio César Sampaio

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE - Cascavel

Professora Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE - Cascavel

Professor Dr. Marcio Antonio Vilas Boas

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE - Cascavel

Professora Dra. Maria Hermínia Ferreira Tavares

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE - Cascavel

Professora Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Londrina

Cascavel, julho de 2012

BIOGRAFIA RESUMIDA

Nascida em 21 de maio de 1986, natural de Cascavel, Paraná, Brasil. Graduou-se em Ciências Biológicas, modalidade Bacharelado no ano de 2007, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Em 2010, ingressou como discente no Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), nível mestrado, também na Unioeste, sob orientação do Professor Doutor Silvio César Sampaio.

... A beleza de ser um eterno aprendiz!

(Gonzaguinha)

Ao meu pai, Mario Kessler (*in memoriam*) que apesar de não ter acompanhado minha trajetória, sonhou com esse dia. A você dedico essa conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* de Cascavel, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela oportunidade de realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento à pesquisa e à Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao meu orientador e amigo, Professor Dr. Silvio César Sampaio, meus mais sinceros agradecimentos. Sua confiança e orientação foram capazes de me fazer trilhar um crescimento profissional, o qual eu julgava impossível em tão pouco tempo. Orientador é a palavra ideal para defini-lo, pois é sob sua tutela que guio meus passos. Muito obrigada!;

À banca examinadora, Professores Dra. Maria Hermínia Ferreira Tavares, Dr. Márcio Antonio Vilas Boas, Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa e Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco, pela revisão precisa e contribuição imprescindível para este trabalho;

A todos os meus mestres que compartilharam sua sabedoria e seu conhecimento para minha formação profissional;

Aos amigos e colegas da UNIOESTE (e são inúmeros), pelo apoio e incentivo;

À minha mãe, a qual todas as palavras ainda são insuficientes para expressar a minha gratidão por todos os seus anos a mim dedicados, todo o amor, carinho, atenção e principalmente, paciência;

À minha irmã, que também sempre esteve ao meu lado, segurou minha mão nos momentos difíceis e vibrou comigo nas conquistas;

Ao meu namorado, parceiro, amigo, Antonio Carlos Citolin, o qual sofreu tanto quanto eu nesta caminhada, me dando sempre o apoio que eu precisava;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se realizasse.

Meus sinceros agradecimentos a todos!

RESUMO

ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL EM CULTURAS DE MILHO, AVEIA E SOJA

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos ambientais e agronômicos decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral, nas culturas de milho, aveia e soja. A área experimental possui histórico de aplicação de água residuária da suinocultura, com experimentos conduzidos desde 2006, os quais são o sétimo, oitavo e nono ciclos conduzidos na área. Quatro doses de água residuária da suinocultura, associadas à ausência e presença de adubação mineral, consistiram em oito tratamentos aplicados às parcelas experimentais. Foram determinados índices agronômicos e nutricionais nas três culturas, avaliadas as composições dos lixiviados coletados no início e final de cada ciclo, bem como as características químicas do solo ao início e final de cada cultura. O delineamento experimental consistiu de blocos casualizados em esquema fatorial (4x2) com três repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Na cultura do milho, após uma aplicação de água residuária da suinocultura tratada em biodigestor, verifica-se que a água residuária da suinocultura pode ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo, desde que o P e Mn^{+2} sejam complementados com adubação específica. Cuidado especial deve ser dado ao acúmulo de Fe^{+2} , Cu^{+2} e Zn^{+2} no solo. Devem-se atentar também para os níveis de Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ e Zn^{+2} no material percolado. Na cultura da aveia, após duas aplicações de água residuária de suinocultura tratada em biodigestor, conclui-se que essa pode ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo, desde que o N, P e S sejam complementados. Deve-se ter atenção com o acúmulo de Cu^{+2} e Zn^{+2} no solo, e com a lixiviação de Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ e Zn^{+2} . Na cultura da soja, após três aplicações de água residuária de suinocultura tratada em biodigestor, constata-se que a mesma pode ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo, desde que o N, P, K^+ e S sejam complementados com adubação específica. Deve-se ter atenção com o acúmulo de Fe^{+2} , Cu^{+2} e Zn^{+2} no solo. Deve ser dada maior atenção à percolação de Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ e Zn^{+2} de acordo com o lixiviado.

Palavras-chave: dejetos suínos, lixiviado, reúso de água na agricultura

SWINE WASTEWATER ASSOCIATED WITH MINERAL FERTILIZATION IN SOYBEAN, BLACK OATS AND MAIZE CULTURES

This study aimed at evaluating the agronomic and environmental aspects as results from the continuing application of swine wastewater and mineral fertilizer in corn, black oats and soybeans. The experimental area has a history of swine wastewater application with trials that have been carried out since 2006, whose cycles under management are the seventh, eighth and ninth ones. Four doses of swine wastewater associated with the presence and absence of mineral fertilizer consisted on eight treatments applied to experimental plots. The agronomic and nutritional indices were determined in the three studied crops. The compounds of leachate collected at the beginning and end of each cycle were also recorded as well as soil characteristics at the beginning and end of each crop. The experimental design was in randomized blocks, under a 4x 2 factorial scheme with three replications. The results were submitted to ANOVA and means compared by Tukey test at 5% significance level. In maize crop, after a swine wastewater application, treated in digester, it could be observed that it could be partially used as an alternative fertilizer, since P and Mn^{+2} were supplemented with specific fertilization. A special management should be given to the accumulation of Fe^{+2} , Cu^{+2} and Zn^{+2} in soil. Attention should be paid also to the levels of Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ and Zn^{+2} in leachate material. In black oats crop, after two applications of swine wastewater treated in digester, it was concluded that swine wastewater can be partially used as an alternative fertilizer, since N, P and S could be supplied. Some attention should be taken with Cu^{+2} and Zn^{+2} accumulation in soil and some special care should also be given to the leaching of Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ and Zn^{+2} . In soybean crop, after three applications of wastewater treated in digester, the remaining wastewater could be partially used as an alternative fertilizer, since N, P, K^+ and S were supplied by specific fertilization. There must have extra attention to the accumulation of Fe^{+2} , Cu^{+2} and Zn^{+2} in soil as well as to percolation of Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , $NO_3^-+NO_2^-$, Na^+ and Zn^{+2} According to leachate.

Keywords: pig manure, leaching, water reuse in agriculture

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| RESUMO | vi |
| ABSTRACT | vii |
| LISTA DE TABELAS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | xii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 Objetivos gerais..... | 3 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 3.1 Água residuária da suinocultura..... | 4 |
| 3.2 Cultura do milho..... | 7 |
| 3.3 Cultura da aveia..... | 9 |
| 3.4 Cultura da soja..... | 10 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 4.1 Área experimental..... | 11 |
| 4.2 Tratamentos..... | 13 |
| 4.3 Água residuária da suinocultura..... | 14 |
| 4.4 Condução do experimento e parâmetros avaliados..... | 15 |
| 4.5 Delineamento experimental e análise estatística..... | 18 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 5.1 Milho..... | 19 |
| 5.1.1 Parâmetros agronômicos..... | 19 |
| 5.1.2 Parâmetros do solo..... | 22 |
| 5.1.3 Parâmetros do lixiviado..... | 24 |
| 5.2 Aveia..... | 26 |
| 5.2.1 Parâmetros agronômicos..... | 26 |
| 5.2.2 Parâmetros do solo..... | 28 |
| 5.2.3 Parâmetros do lixiviado..... | 31 |
| 5.3 Soja..... | 32 |

| | | |
|----------|------------------------------|-----------|
| 5.3.1 | Parâmetros agronômicos..... | 33 |
| 5.3.2 | Parâmetros do solo..... | 34 |
| 5.3.3 | Parâmetros do lixiviado..... | 36 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 39 |
| | REFERÊNCIAS | 40 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 Análise granulométrica do solo da área experimental..... | 11 |
| Tabela 2 Concentração total de nutrientes (kg ha^{-1}) aplicados via ARS e AM por tratamento, nos ciclos anteriores e atuais ciclos..... | 12 |
| Tabela 3 Caracterização do solo da área experimental antes da instalação deste experimento..... | 13 |
| Tabela 4 Descrição dos tratamentos..... | 13 |
| Tabela 5 Caracterização das ARS's aplicadas nas três culturas..... | 15 |
| Tabela 6 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agrônômicos da cultura do milho..... | 19 |
| Tabela 7 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura do milho..... | 23 |
| Tabela 8 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura do milho..... | 25 |
| Tabela 9 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agrônômicos da cultura da aveia..... | 27 |
| Tabela 10 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura da aveia..... | 29 |
| Tabela 11 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura da aveia..... | 31 |
| Tabela 12 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agrônômicos da cultura da soja..... | 33 |
| Tabela 13 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura da soja..... | 35 |
| Tabela 14 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura da soja..... | 37 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ponto de coleta da ARS no bioossistema integrado..... | 14 |
| Figura 2 Localização dos tratamentos, repetições e blocos na área experimental..... | 16 |
| Figura 3 Distribuição diária das lâminas precipitadas e temperaturas médias durante a condução do experimento..... | 17 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--|--|
| AM | Adubação mineral |
| AP | Água residuária da suinocultura |
| ARS | Altura de planta |
| Ca ²⁺ | Cálcio |
| CE | Condutividade elétrica |
| COT | Carbono orgânico total |
| CTC | Capacidade de troca catiônica |
| Cu ⁺² | Cobre |
| DC | Diâmetro de colmo |
| DQO | Demanda química de oxigênio |
| DQO-F | Demanda química de oxigênio - filtrada |
| Fe ⁺² | Ferro |
| H ⁺ Al ³⁺ | Acidez potencial |
| K ⁺ | Potássio |
| m% | Saturação por alumínio |
| Mg ²⁺ | Magnésio |
| Mn ⁺² | Manganês |
| MO | Matéria orgânica |
| MS | Massa seca |
| N | Nitrogênio total |
| Na ⁺ | Sódio |
| NE | Número de espigas |
| NF | Número de folhas |
| NH ₄ ⁺ | Nitrogênio amoniacal |
| N _{inorg} | Nitrogênio inorgânico |
| NP | Número de perfilhos |
| N _{org} | Nitrogênio orgânico |
| NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ | Nitrato + nitrito |
| P | Fósforo |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| RAS | Razão de adsorção de sódio |
| SB | Soma de bases |
| SDT | Sólidos dissolvidos totais |
| SFD | Sólidos fixos dissolvidos |
| SFS | Sólidos fixos suspensos |
| ST | Sólidos totais |
| STF | Sólidos totais fixos |
| STS | Sólidos totais suspensos |
| STV | Sólidos totais voláteis |
| SVD | Sólidos voláteis dissolvidos |
| SVS | Sólidos voláteis suspensos |
| V% | Saturação por bases |
| Zn ⁺² | Zinco |

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura representa a maior atividade pecuária em escala global e o Brasil está entre os principais produtores de suínos no mundo e a Região Oeste do Paraná é uma das detentoras do maior plantel do País. O grande problema da produção intensiva de suínos reside no grande volume de dejetos produzidos diariamente e na sustentabilidade ambiental da sua produção. A grande produção de suínos em pequenas áreas gera uma problemática do acúmulo do efluente dessa atividade nas propriedades, que muitas vezes não possuem áreas com capacidade suficiente para o descarte adequado. Assim, são evidentes as consequências negativas do manejo e a disposição inadequada deste resíduo, como é o caso do lançamento sem tratamento em rios e riachos, que acarretam riscos sanitários e de poluição.

Uma solução viável é o tratamento dos dejetos em biodigestores, o qual também proporciona o aproveitamento de fonte renovável de energia, o biogás, que contribui para o saneamento ambiental e para a sustentabilidade da propriedade agrícola. Tal alternativa possibilita a disposição final da água residuária tratada como fertilizante, que apresenta elevada carga de nutrientes a fim de auxiliarem no desenvolvimento das culturas da mesma forma que os provenientes dos fertilizantes minerais, pois podem melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Essa prática gera economia ao produtor, haja vista os elevados custos dos fertilizantes minerais.

Autores como Freitas et al. (2004), Oliveira et al. (2004), Ceretta et al. (2005), Calegari (2006), Prior (2008), Smanhotto (2008), Erthal et al. (2010b), Meneghetti (2010), Mondardo et al. (2011) verificaram efeitos benéficos em culturas como milho, aveia e soja, decorrentes da aplicação de água residuária da suinocultura no solo.

Entretanto, enquanto os fertilizantes minerais são formulados para as condições específicas de cada cultura e solo, as águas residuárias da suinocultura apresentam, simultaneamente, nutrientes em quantidades desproporcionais à capacidade de extração das plantas. Com isso, as aplicações contínuas são passíveis de desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos dejetos.

Alguns autores como Freitas et al. (2005); Scherer, Baldissera e Nesi, (2007); Aita e Giacomini, (2008); Berwanger et al. (2008); Caovilla et al. (2010) e Sampaio et al. (2010a) avaliam os impactos negativos da aplicação da água residuária da suinocultura no solo como problemas de fertilidade e toxicidade decorrentes do acúmulo de íons no solo. Outros autores afirmam que a aplicação desse dejetos é passível de contaminação de águas superficiais e subterrâneas devido ao deslocamento superficial e vertical desses íons

acumulados no solo (Maggi et al., 2011; Sampaio et al., 2010b; Prior et al., 2009; Smanhotto et al., 2010; Anami et al., 2008; Aita e Giacomini, 2008).

Porém, a maior parte dos trabalhos que constataram problemas de fertilidade e toxicidade foram realizados em um curto prazo e em solos com baixa capacidade de ciclagem de nutrientes. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os aspectos ambientais e agronômicos decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral, na cultura do milho, da aveia e da soja.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

Avaliar os aspectos ambientais e agronômicos decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral, nas culturas de milho, aveia e soja.

2.2 Específicos

- Avaliar as características nutricionais e agronômicas nas culturas de milho, aveia e soja decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral;
- Avaliar as características químicas do solo decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral;
- Avaliar as características do material percolado, decorrentes da aplicação continuada de água residuária da suinocultura e adubação mineral.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Água residuária da suinocultura

No Brasil, a produção suinícola cresce constantemente para atender tanto ao mercado interno como ao externo (Seidel et al., 2010). A carne suína representa a fonte de proteína animal mais consumida, sendo a China, a União Europeia, os Estados Unidos e o Brasil os maiores produtores mundiais (ABIPECS, 2009). O crescimento contínuo e os avanços tecnológicos na produção de suínos resultaram na adoção da prática de confinamento desses animais em todas as fases do ciclo produtivo, com a intenção de aumentar a produtividade por unidade de área e tempo (Cassol et al., 2010).

O Brasil exibe indicadores de produtividade de alta tecnologia na suinocultura. E está entre os primeiros países no aumento quanto à produção suinícola, graças à grande extensão de terra disponível, disponibilidade de água, capacidade de produzir grãos e a genética dos animais. Assim, caracteriza-se como uma atividade pecuária de muita relevância para o País e, principalmente para a região sul, onde se concentra o maior plantel de suínos (Silva et al., 2011). Na Região Oeste do Paraná, a suinocultura representa uma atividade predominante para os pequenos produtores, portanto, constitui grande importância socioeconômica e, principalmente, serve como fixador do homem no campo (Prior et al., 2009).

O aumento da produção por unidade de área acarretou no acúmulo de resíduo nas propriedades; na maioria das vezes, muito além da capacidade das áreas próximas em receber esse efluente. Tal situação tem gerado grande preocupação dos órgãos ambientais, pois quando a capacidade de adsorção do solo é esgotada, esse resíduo pode ocasionar prejuízos ambientais de grandes proporções, pois contamina solos e recursos hídricos (Aita e Giacomini, 2008; Seidel et al., 2010).

O esterco suíno consiste na mistura de fezes, urina, água da lavagem das pocilgas, restos de ração, pelo dos animais e poeira (Gonçalves Júnior et al., 2008). Em sistemas de criação de suínos em ciclo completo, diariamente, são gerados 140 a 170 litros de dejetos por fêmea no plantel. No sistema de produção de leitões, o volume gerado por matriz no plantel é de 35 a 40 L dia⁻¹, e em sistema de produção de suínos em terminação, cerca de 12 a 15 L suíno⁻¹ são produzidos diariamente, nos sistemas que utilizam água para limpeza das baias (Seidel et al., 2010).

A preocupação com o potencial poluidor das águas residuárias da suinocultura tem feito com que se busquem alternativas mais seguras para o descarte desses resíduos. Muitas vezes, o dejetos é descartado sem passar por um sistema de tratamento prévio, ou reaproveitamento (Santos et al., 2007). Tratamentos baseados em processos químicos,

físicos e biológicos são capazes de diminuir o potencial poluidor, além de transformarem o dejetos em adubo orgânico, biogás e em créditos de carbono (Kunz et al., 2009). Destacam-se a pré-estabilização em lagoas por 120 dias e a utilização em biodigestores. Contudo, esses têm a capacidade de reduzir o potencial poluidor com a produção simultânea de biogás, logo é a alternativa mais promissora (Kunz et al., 2005).

O tratamento de dejetos em biodigestores consiste da biodigestão anaeróbia em que a degradação da matéria orgânica é otimizada. Há a redução das demandas químicas e bioquímicas de oxigênio e sólidos voláteis, a fim de disponibilizar mais nutrientes para as culturas e promover agregação de valor (Orrico et al., 2007). O processo de tratamento possibilita a eliminação de patógenos e parasitas, e a geração de energia, por meio da produção de gás metano (Sanchez et al., 2005). Segundo Fey et al. (2010), no Paraná, desde 2009, os suinocultores têm a possibilidade de vender energia elétrica produzida por biogás gerado pelos biodigestores para a companhia elétrica estadual. Isso agrega renda, fato esse que incentiva esta opção de tratamento dos dejetos de suínos.

Em busca do aumento da produtividade com redução de custos, a utilização do efluente dos biodigestores torna-se alternativa viável. É bem aceita pelos produtores, pois serve como forma de descarte dos resíduos e de ciclagem de nutrientes dentro da mesma propriedade (Seidel et al., 2010). Como contém elevada carga de diversos nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, a água residuária da suinocultura tem a capacidade de melhorar as propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo. Aumenta a capacidade de retenção de água, infiltração da água da chuva, atividade microbiana e capacidade de troca catiônica do solo. Ademais, complexa ou até mesmo solubiliza alguns metais tóxicos ou essenciais às culturas, desta forma, possibilita o seu aproveitamento na agricultura como provedor de nutrientes (Scherer et al., 2007; Scheffer-Basso et al., 2008).

Esta alternativa tem a maior aceitação por parte dos produtores, pois, se tais resíduos são manejados adequadamente, elevam a fertilidade do solo, a produtividade e reduzem o potencial de poluição. Porém, apenas o aumento da produção das culturas em curto prazo não constitui critério suficiente para sustentabilidade do sistema, pois a água residuária da suinocultura tem composição muito variável e depende da alimentação e do manejo da água empregados nos criatórios (Dortzbach et al., 2009), como do tipo de tratamento utilizado. Sendo assim, existe grande dificuldade em se recomendar uma dose ideal para cada tipo de cultura (Fey et al., 2010)

Diferente dos fertilizantes minerais, que são formulados de acordo com as necessidades específicas de cada cultura, as águas residuárias contêm múltiplos nutrientes em quantidades desproporcionais à capacidade de extração das plantas. Portanto, aplicações sucessivas são passíveis de acarretar desequilíbrios químicos no solo, como acúmulo de nutrientes, arraste por escoamento superficial ou percolação no perfil do solo, e

então, a água residuária passa de fertilizante para contaminante ambiental (Gatiboni et al., 2008). A gravidade do problema dependerá da composição desse resíduo, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das culturas instaladas, das características do solo e do tempo de utilização dos dejetos.

A concentração elevada de nitratos nas águas subterrâneas é um dos problemas ambientais que pode ser atribuído à aplicação de águas residuárias na agricultura. O nitrato é a forma do nitrogênio mais facilmente assimilável pelas plantas, porém, quando desloca-se abaixo da zona de absorção das raízes, a sua perda ocorre no perfil do solo e a consequente indisponibilização para as plantas (Fey et al., 2010). Muitas vezes, os nitratos estão presentes em níveis até dez vezes superiores à quantidade inicial, em função do excesso de nitrogênio disposto no solo (Anami et al., 2007; Baumgarnter et al., 2007; Sampaio et al., 2007; Anami et al., 2008; Dal Bosco et al., 2008; Pelissari et al., 2009). O nitrogênio, em suas diferentes formas, é um dos principais contaminantes químicos dos recursos hídricos (Sampaio et al., 2010a).

Além do nitrogênio, o fósforo e potássio também são passíveis de acúmulo no solo, visto a grande concentração em que se encontram na água residuária da suinocultura (Dortzbach et al., 2010). Prior et al. (2009) ressaltam que as aplicações sucessivas desse efluente são responsáveis pelo acúmulo de fósforo e do desbalanço de nutrientes no solo. É necessária atenção especial com o fósforo no solo, visto que é um dos elementos responsáveis pela eutrofização dos recursos hídricos (Veloso, 2010). Freitas et al. (2004) observaram baixa concentração desse nutriente em lixiviados de lisímetros, quando aplicaram água residuária da suinocultura. Tal fato é decorrente da baixa mobilidade do fósforo no perfil do solo, pois a maior parte ficou retida nas camadas superficiais.

Marcato e Lima (2005) afirmam, ainda, que os efluentes da suinocultura contêm elevadas concentrações de metais pesados, como zinco, manganês, cobre e ferro que, com aplicações contínuas ou em elevadas doses, podem causar toxicidade às culturas implantadas, além de contaminação do solo. Esses elementos podem ser absorvidos pelas plantas, e muitas vezes, entram na dieta humana ou animal (Veloso, 2010).

Desta forma, deve-se ter conhecimento da capacidade suporte do solo e da cultura implantada, a fim de se estabelecer a dose de aplicação mais coerente, para que, desta forma, sejam reduzidos ou até mesmo evitados os riscos de salinização e de contaminação ambiental. O objetivo é preservar a integridade dos recursos naturais (Sampaio et al., 2010a).

3.2 Cultura do milho

O milho é considerado uma das culturas de maior importância para o agronegócio brasileiro e ocupa o segundo lugar em termos de produção, além de caracterizar a base de sustentação para a pequena propriedade (Duarte et al., 2006; Duete et al., 2008). Ademais, o milho constitui insumo para inúmeros produtos e coprodutos, com 70 a 80% dos grãos produzidos consumidos somente na produção de suínos e aves. Caracteriza-se como importante fator na alimentação animal devido à elevada concentração de amido em sua constituição, tendo papel energético nas rações e suplementação da produção pecuária. Possui, ainda, a possibilidade de uso como silagem, visto que contém teores desejáveis de matéria seca, carboidratos solúveis e potencial tampão (Faleiros et al., 2009).

A obtenção de elevadas produtividades no milho é essencial para tornar a cultura economicamente viável e a adubação é um dos fatores de maior importância para a garantia da produtividade, visto que, no momento certo e em doses adequadas, o fornecimento de nutrientes proporciona o máximo desenvolvimento da cultura (Büll, 1993). De acordo com Coelho (2002), para atingir a produtividade de $3,65 \text{ t ha}^{-1}$, a cultura do milho extrai do solo em torno de 77 kg ha^{-1} de nitrogênio, 9 kg ha^{-1} de fósforo, 83 kg ha^{-1} de potássio e 10 kg ha^{-1} de cálcio e magnésio. Todavia, as extrações destes nutrientes aumentam linearmente de acordo com o aumento da produtividade. A maior exigência da cultura refere-se ao nitrogênio e potássio, seguindo-se do cálcio, magnésio e fósforo (Coelho, 2008).

Para alcançar elevada produtividade, a cultura do milho precisa que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, principalmente do nitrogênio, visto que é o nutriente mais requerido pela cultura e fundamental nos processos bioquímicos da planta, além de ser o que tem a recomendação mais complexa de manejo e adubação (Silva et al., 2006; Fornasier Filho, 2007). Segundo Martins et al. (2008), o nitrogênio é o nutriente limitante na produção do milho, pois constitui o elemento mais exportado pela cultura, já que cerca de 75% deste nutriente contido no solo são carregados para o grão. Isso resulta em aproximadamente 15 kg de nitrogênio por tonelada de grãos colhidos. Quando a produção de milho é voltada para silagem, em que toda a parte aérea é colhida, a exportação de nitrogênio é ainda maior (Carvalho et al., 2012).

Conhecer a quantidade de nitrogênio exportada pelo milho pode, muitas vezes, auxiliar na escolha da adubação nitrogenada a ser utilizada, visto que são insatisfatórios os métodos de análises de rotina que identifiquem a dose ótima de nitrogênio a ser aplicada, pois são diversas as reações mediadas por microrganismos e fatores climáticos imprevisíveis a que este nutriente está sujeito (Silva et al., 2006).

Segundo Amaral Filho et al. (2005), a utilização de adubação nitrogenada no milho influencia positivamente a produtividade de grãos, o aumento da área foliar, o peso de mil sementes, a altura de plantas, o rendimento de biomassa e o índice de colheita.

No Brasil, a quantidade média de nitrogênio mineral, aplicada na cultura do milho, é de 60 kg ha^{-1} , porém, nos Estados Unidos e na China esses resultados são de 150 kg ha^{-1} e 130 kg ha^{-1} , respectivamente. A recomendação técnica para a obtenção de elevadas produtividades é de $60\text{-}100 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio na cobertura, para cultivo em sequeiro e de $120\text{-}160 \text{ kg ha}^{-1}$, para cultivo irrigado (Amaral Filho et al., 2005; Coelho 2007; Pavinato et al., 2008). Segundo Farinelli e Lemos (2012), a resposta da cultura do milho à adubação nitrogenada varia de acordo com o manejo do solo adotado.

Meira et al. (2009) verificaram máxima produtividade em sistema de preparo convencional do solo com aplicação de $90\text{-}120 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio mineral na cobertura, porém Veloso et al. (2006) precisaram aplicar 180 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, para obterem elevada produtividade. Em sistema de plantio direto, Gomes et al. (2007) conseguiram bons resultados com a aplicação de 150 kg ha^{-1} de nitrogênio. Pavinato et al. (2008), ao avaliarem a produtividade em condições irrigadas, obtiveram melhores resultados apenas com a aplicação de 280 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura.

O correto manejo da adubação nitrogenada é importante na agricultura de precisão, cujo objetivo é aumentar a eficiência da absorção do nitrogênio pela cultura do milho e minimizar os custos da produção (Rambo et al., 2007). Porém, a eficiência da aplicação da adubação nitrogenada está condicionada às condições climáticas, características do solo, capacidade de extração da cultivar implantada, dentre outros fatores (Neumann et al., 2005).

Ressalta-se que a adubação nitrogenada é a prática mais onerosa na cultura do milho (Berenguer et al., 2008), principalmente por ser facilmente perdida para o sistema, seja por lixiviação, volatilização, desnitrificação, erosão ou ainda por imobilização biológica (Meira et al., 2009).

Neste contexto, a utilização de águas residuárias torna-se alternativa viável como provedora de nutrientes ao milho. Isso pode reduzir os custos de produção, maximizar os lucros do produtor e tornar a atividade economicamente viável (Pandolfo e Ceretta, 2008).

Ceretta et al. (2005) observaram que a aplicação de $0, 20, 40$ e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura, antes da semeadura do milho, induziu a um comportamento linear da matéria seca obtida com produtividade de $14,50 \text{ kg ha}^{-1}$. Oliveira et al. (2004) observaram maiores níveis de proteína bruta e maior produtividade de matéria seca para o milho quando tratado com água residuária da suinocultura, independente da quantidade aplicada, quando compara-se com tratamentos sem aplicação de água residuária da suinocultura. Freitas et al. (2004) verificaram que o uso de água residuária da suinocultura na produção de milho para silagem resultou no aumento da produtividade, altura de plantas, índice de espigas, altura e peso das espigas.

3.3 Cultura da aveia

A aveia é uma gramínea característica de culturas de inverno e a forrageira mais amplamente utilizada no Brasil (Santos et al., 2010). Possui elevada capacidade de perfilhamento e produção de massa verde. Tem também a capacidade de melhorar as características físicas e químicas do solo quando utilizada para adubação.

Encontra-se fortemente difundida na região Sul do País, cujos maiores produtores desse grão são Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Estima-se que, na safra 2010/2011, o Brasil semeou aproximadamente 153,8 mil hectares, com produção aproximada de 279 mil toneladas (CONAB, 2011).

Dos cereais, a aveia encontra-se entre os que contêm maior concentração proteica, variando de 12,40% a 24,50% no grão descascado (Simioni et al., 2007). Seu uso é variado e pode ser aproveitado na produção de forragem, feno, silagem, adubação verde, cobertura do solo no sistema de plantio direto e, principalmente, produção de grãos para consumo humano e animal (Favera et al., 2009). Melo et al. (2011) afirmam que por apresentar grande acúmulo de matéria seca e boa capacidade de extração de nutrientes, a aveia tem a possibilidade de ser usada como provedora de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazos, além de manter a cobertura do solo.

Fatores relacionados ao manejo adotado, como irrigação, fertilização, altura e frequência de cortes utilizados, determinam a qualidade e a quantidade de matéria seca produzida pela forrageira. Para se conseguir boa produtividade, a aplicação de nitrogênio deve ocorrer no momento adequado, para que a absorção seja eficiente. O nitrogênio é o nutriente mais requerido na cultura da aveia; faz parte das proteínas estruturais e enzimáticas, aminoácidos e ácidos nucleicos que compõem os tecidos.

Devido ao grande número de reações às quais o nitrogênio está sujeito, o manejo da adubação nitrogenada exige maior atenção, visto que também se trata do insumo mais oneroso da produção da cultura (Cantarella e Marcelino, 2008). Os preços elevados e problemas com adubação nitrogenada fazem com que os produtores busquem alternativas viáveis para a fertilização da cultura. Dessa forma, a utilização de águas residuárias configura-se como alternativa viável na substituição da adubação mineral, pois contribui com a redução dos custos e possível aumento da produtividade (Mondardo et al., 2011).

Erthal et al. (2010b) observaram aumento no rendimento forrageiro, proteína bruta, fósforo e potássio quando aplicaram dejetos bovinos em solo cultivado com aveia. Mondardo et al. (2011) observaram aumento de diâmetro de colmo, teores de proteína bruta, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e zinco quando foram aplicadas doses de até 50 m³ha⁻¹ de água residuária da suinocultura em solo cultivado com aveia.

3.4 Cultura da soja

A soja é uma leguminosa pertencente à família *Fabaceae*, considerada uma das culturas mais importantes do Brasil. Atualmente, é cultivada na maior parte do território nacional em decorrência das mudanças tecnológicas ocorridas no seu modelo de produção (Schoninger et al., 2010). Na safra 2010/2011, a produção total chegou 75,1 milhões de toneladas, em que o Estado do Mato Grosso foi o maior produtor e o Paraná ficou em segundo lugar (CONAB, 2011). Originária da China, a soja foi introduzida no País em meados de 1882, pela Bahia, vinda dos Estados Unidos. Na década seguinte, foi levada para São Paulo. Porém, só observou-se êxito quando a cultura foi finalmente implantada, em 1900, no Rio Grande do Sul, onde as condições climáticas se assemelhavam ao país de origem (EMBRAPA, 2004). É um grão com elevada concentração de proteínas e serve de alimento tanto para os animais como para os humanos, além de ser matéria-prima para tantos outros produtos industriais. O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo; perde apenas para os Estados Unidos (Coelho et al., 2011).

Para o seu desenvolvimento, a cultura da soja requer nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, ferro, boro, manganês, zinco, cobre e molibdênio (EMBRAPA, 2006). Por se tratar de uma leguminosa, detém a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio de associação com bactérias simbiotes do gênero *Bradyrhizobium* (EMBRAPA, 2011). A aplicação de adubação mineral nitrogenada em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, além de não trazer benefícios à produção, reduz a nodulação, e conseqüentemente, a eficiência de fixação de nitrogênio. Desta forma, a EMBRAPA (2006) recomenda que a quantidade máxima aplicada seja de 20 kg ha⁻¹.

Muitas vezes, a produção de soja encontra-se limitada pelos elevados custos de produção, em que o fertilizante mineral é o insumo mais oneroso, o qual chega a representar 27% do custo total da produção (Menegatti e Barros, 2007). A fim de melhorar a produção e a qualidade de grãos, com a redução dos custos e impactos ambientais novas práticas culturais são cada vez mais implantadas, principalmente pela elevada demanda de desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas (Soares et al., 2011).

Trabalhos como de Calegari (2006) indicam o potencial do uso de água residuária da suinocultura como fonte alternativa de fertilizantes em áreas de plantio direto com aumento na produtividade da soja em 35%.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola – NEEA, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizado na rodovia BR 467, km 95 no município de Cascavel, Oeste do Paraná. A área é localizada geograficamente pelas coordenadas 24°48' de latitude Sul e 53°26' de longitude Oeste, com altitude de 760 metros.

O clima é do tipo subtropical mesotérmico superúmido, com precipitação média anual de 1800 mm, verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida. O município apresenta temperatura média de 20 °C e umidade relativa do ar em média de 75 % (IAPAR, 1998).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico, e as características granulométricas encontram-se expressas na Tabela 1.

Tabela 1 Análise granulométrica do solo da área experimental

| Profundidade (m) | Areia (%) | Silte (%) | Argila (%) |
|------------------|-----------|-----------|------------|
| 0,00-0,20 | 5,90 | 14,62 | 79,48 |
| 0,20-0,40 | 6,40 | 15,82 | 77,78 |
| 0,40-0,60 | 5,60 | 13,86 | 80,54 |

Fonte: Prior (2008).

Na área experimental existiam vinte e quatro lisímetros de percolação, construídos em 2005 de acordo com a Aboukhaled, Alfaro & Smith (1982), inicialmente sob ambiente protegido por estufa, a qual foi retirada após o quinto ciclo. Os lisímetros de drenagem encontram-se em uma área de 15 x 6 m, totalizando 90 m². Consistem em caixas de fibra com volume de 1m³, área de 1,60 m², profundidade de 0,91 m e diâmetro de 1,43 m, logo, cada caixa compõe uma parcela experimental. Estão distribuídos em esquema de três lisímetros na transversal e oito na longitudinal, 0,4 e 0,5 m, respectivamente. Após a instalação dos lisímetros, constatou-se a heterogeneidade em relação à fertilidade do solo, de acordo com caracterização realizada, observando-se a necessidade da divisão da área experimental em três diferentes blocos.

A área experimental utilizada possui histórico de aplicação de água residuária da suinocultura, com experimentos conduzidos desde 2006, na sequência dos ciclos do milho (Prior, 2008), soja (Smanhotto, 2008), aveia (Dieter, 2009), soja (Maggi et al., 2011), aveia (5) e minimilho (Meneghetti, 2010). Os ciclos estudados neste trabalho foram milho (7), aveia (8) e soja (9). Na Tabela 2, estão expressas as concentrações totais de nutrientes

aplicados via água residuária da suinocultura (ARS) e adubação mineral (AM) nos ciclos anteriores.

Tabela 2 Concentração total de nutrientes (kg ha^{-1}) aplicados via ARS e AM por tratamento, nos ciclos anteriores e atuais ciclos

| Tratamentos* | N | P | K ⁺ | N | P | K ⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² |
|---|--------|--------|----------------|--|--------|----------------|------------------|------------------|
| Totais aplicados via AM nos ciclos anteriores | | | | Totais aplicados via ARS nos ciclos anteriores | | | | |
| 0 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 ARS-P | 67,50 | 220,00 | 135,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 100 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 402,80 | 91,02 | 260,42 | 2,58 | 15,60 |
| 100 ARS-P | 67,50 | 220,00 | 135,00 | 395,30 | 91,02 | 260,42 | 2,58 | 15,60 |
| 200 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 817,58 | 181,71 | 518,83 | 5,14 | 31,20 |
| 200 ARS-P | 67,50 | 220,00 | 135,00 | 810,08 | 181,71 | 518,83 | 5,14 | 31,20 |
| 300 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1235,38 | 272,22 | 779,25 | 7,72 | 46,79 |
| 300 ARS-P | 67,50 | 220,00 | 135,00 | 1227,88 | 272,22 | 779,25 | 7,72 | 46,79 |
| Totais aplicados via AM no ciclo do milho | | | | Totais aplicados via ARS no ciclo do milho | | | | |
| 0 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 ARS-P | 120,00 | 80,00 | 90,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 100 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24,64 | 6,94 | 8,55 | 0,07 | 0,65 |
| 100 ARS-P | 120,00 | 80,00 | 90,00 | 24,64 | 6,94 | 8,55 | 0,07 | 0,65 |
| 200 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 49,28 | 13,88 | 17,10 | 0,14 | 1,30 |
| 200 ARS-P | 120,00 | 80,00 | 90,00 | 49,28 | 13,88 | 17,10 | 0,14 | 1,30 |
| 300 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 73,92 | 20,83 | 25,65 | 0,12 | 1,95 |
| 300 ARS-P | 120,00 | 80,00 | 90,00 | 73,92 | 20,83 | 25,65 | 0,12 | 1,95 |
| Totais aplicados via AM no ciclo da aveia | | | | Totais aplicados via ARS no ciclo da aveia | | | | |
| 0 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 ARS-P | 50,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 100 ARS-A | 50,00 | 0,00 | 0,00 | 103,60 | 14,51 | 44,55 | 0,51 | 3,50 |
| 100 ARS-P | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 103,60 | 14,51 | 44,55 | 0,51 | 3,50 |
| 200 ARS-A | 50,00 | 0,00 | 0,00 | 207,20 | 29,02 | 89,10 | 1,01 | 7,00 |
| 200 ARS-P | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 207,20 | 29,02 | 89,10 | 1,01 | 7,00 |
| 300 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 310,80 | 43,53 | 133,65 | 1,52 | 10,50 |
| 300 ARS-P | 50,00 | 0,00 | 0,00 | 310,80 | 43,53 | 133,65 | 1,52 | 10,50 |
| Totais aplicados via AM no ciclo da soja | | | | Totais aplicados via ARS no ciclo da soja | | | | |
| 0 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 ARS-P | 0,00 | 50,00 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 100 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 49,28 | 10,74 | 22,45 | 0,20 | 1,45 |
| 100 ARS-P | 0,00 | 50,00 | 50,00 | 49,28 | 10,74 | 22,45 | 0,20 | 1,45 |
| 200 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 98,56 | 21,48 | 44,90 | 0,39 | 2,90 |
| 200 ARS-P | 0,00 | 50,00 | 50,00 | 98,56 | 21,48 | 44,90 | 0,39 | 2,90 |
| 300 ARS-A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 147,84 | 32,22 | 67,35 | 0,59 | 4,35 |
| 300 ARS-P | 0,00 | 50,00 | 50,00 | 147,84 | 32,22 | 67,35 | 0,59 | 4,35 |

*Tratamentos: 0 ARS-A: 0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e ausência de adubação mineral; 0 ARS-P: 0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e presença de adubação mineral; 100ARS-A: 100 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e ausência de adubação mineral; 100ARS-P: 100 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e presença de adubação mineral; 200ARS-A: 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e ausência de adubação mineral; 200ARS-P: 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e presença de adubação mineral; 300ARS-A: 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e ausência de adubação mineral; 300ARS-P: 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de água residuária da suinocultura e presença de adubação mineral; N: nitrogênio; P: fósforo; K⁺: potássio; Cu⁺²: cobre; Zn⁺²: zinco.

Após a colheita da última cultura, em 2008 (Meneghetti, 2010), foram coletadas amostras de solo de cada parcela, nas profundidades de 0,00 a 0,60 m, a fim de abranger todo o perfil das parcelas, as quais foram homogeneizadas por tratamento, cujos resultados obtidos foram considerados como a caracterização inicial da área (Tabela 3).

Tabela 3 Caracterização do solo da área experimental antes da instalação deste experimento

| Parâmetros | 0ARS-A | 0ARS-P | 100ARS-A | 100ARS-P | 200ARS-A | 200ARS-P | 300ARS-A | 300ARS-P |
|--|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| pH (CaCl ₂) | 6,3 | 6,4 | 6,3 | 5,8 | 6,5 | 6,0 | 6,4 | 6,1 |
| N (mg dm ⁻³) | 1,07 | 1,01 | 1,10 | 1,01 | 0,97 | 1,01 | 1,07 | 0,91 |
| NO ₃ ⁻ (mg dm ⁻³) | 1,05 | 1,50 | 1,09 | 1,10 | 1,05 | 1,01 | 0,95 | 0,96 |
| MO (mg dm ⁻³) | 21,39 | 20,12 | 22,06 | 20,12 | 19,45 | 20,27 | 21,47 | 18,19 |
| P (mg dm ⁻³) | 8,08 | 8,91 | 9,22 | 11,79 | 8,93 | 9,53 | 6,01 | 11,99 |
| K ⁺ (mmol _c dm ⁻³) | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,42 | 0,30 | 0,43 | 0,46 | 0,50 |
| Na ⁺ (mmol _c dm ⁻³) | 2,67 | 2,67 | 2,67 | 1,00 | 2,67 | 2,00 | 2,33 | 2,00 |
| Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³) | 4,93 | 5,25 | 7,12 | 3,5 | 4,77 | 4,07 | 5,01 | 4,27 |
| Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³) | 2,56 | 3,4 | 3,12 | 2,24 | 2,92 | 2,43 | 2,93 | 2,64 |
| Cu ⁺² (mg dm ⁻³) | 10,33 | 9,30 | 10,26 | 9,85 | 10,45 | 10,19 | 9,64 | 10,32 |
| Zn ⁺² (mg dm ⁻³) | 2,47 | 1,03 | 1,65 | 1,91 | 2,59 | 1,45 | 2,27 | 2,80 |
| Fe ⁺² (mg dm ⁻³) | 127,70 | 91,80 | 115,84 | 103,41 | 106,69 | 116,65 | 100,62 | 111,82 |
| Mn ⁺² (mmol _c dm ⁻³) | 56,31 | 47,53 | 52,83 | 40,40 | 51,91 | 41,91 | 50,22 | 50,93 |
| H ⁺ Al ⁺³ (mg dm ⁻³) | 3,15 | 2,97 | 3,05 | 4,18 | 2,82 | 4,12 | 2,68 | 3,18 |
| SB (mmol _c dm ⁻³) | 8,47 | 8,83 | 8,01 | 6,16 | 7,99 | 6,94 | 8,40 | 8,05 |
| CTC (mmol _c dm ⁻³) | 11,90 | 11,80 | 11,06 | 10,34 | 10,81 | 10,64 | 11,08 | 10,60 |
| V% | 72,23 | 74,03 | 71,82 | 59,48 | 73,78 | 65,03 | 75,64 | 69,71 |

Fonte: Adaptado de Meneghetti (2010). N: Nitrogênio total; NO₃⁻: Nitrato; MO: matéria orgânica; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Cu⁺²: Cobre; Zn⁺²: Zinco; Fe⁺²: Ferro; Mn⁺²: Manganês; H⁺Al⁺³: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V%: Saturação por bases.

4.2 Tratamentos

As doses aplicadas na área foram definidas por Smanhotto (2008), que baseou-se na concentração de nitrogênio encontrada na ARS, com a finalidade de se formar um histórico. Assim, as doses utilizadas de ARS foram de 100, 200, 300 m³ha⁻¹, aplicadas uma única vez antes da semeadura de cada cultura.

Também foi avaliado o efeito da AM na semeadura em dois níveis: ausência e presença. Portanto, os tratamentos aplicados às parcelas experimentais consistiram de um controle (sem aplicação de ARS e sem AM), um controle mineral (sem aplicação de ARS com AM) e seis tratamentos que consistiram das diferentes doses de ARS, associadas ou não com a adubação química (Tabela 4).

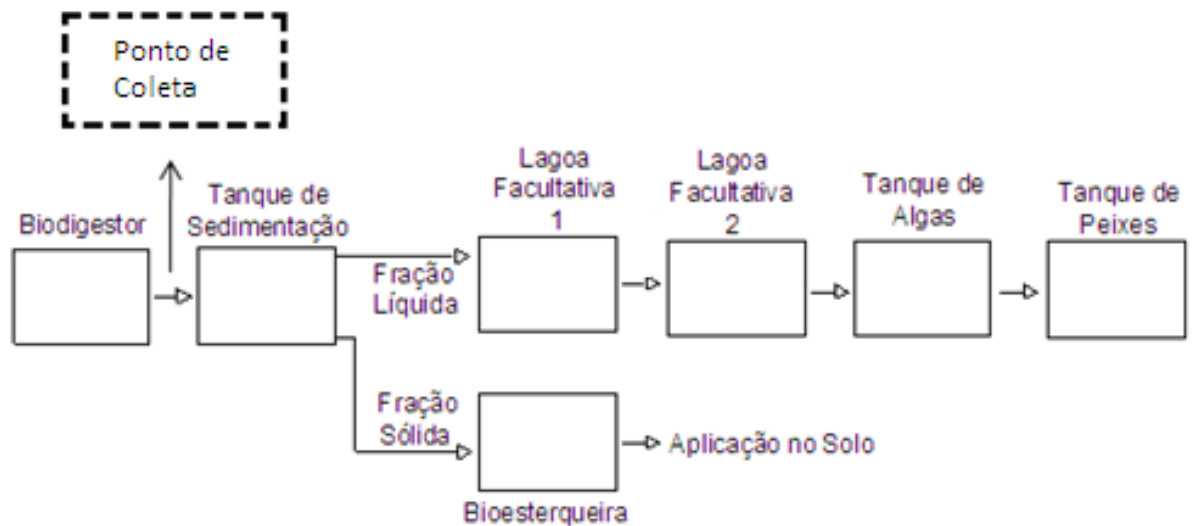
Tabela 4 Descrição dos tratamentos

| Tratamentos | Doses ARS (m ³ ha ⁻¹) | Parcelas correspondentes (L) |
|-------------|--|------------------------------|
| T1 | 0A | L4, L9, L21 |
| T2 | 0P | L3, L16, L24 |
| T3 | 100A | L6, L11, L19 |
| T4 | 100P | L1, L14, L17 |
| T5 | 200A | L2, L15, L23 |
| T6 | 200P | L7, L12, L20 |
| T7 | 300A | L8, L13, L18 |
| T8 | 300P | L5, L10, L22 |

4.3 Água residuária da suinocultura

As ARS's aplicadas nos seis ciclos anteriores provinham da segunda lagoa facultativa, do bioossistema integrado de tratamento de dejetos. No entanto, neste experimento, foi coletada na saída do biodigestor, por ser essa comumente aplicada nas culturas pelos produtores rurais.

A ARS utilizada foi coletada no distrito de Três Bocas, município de Toledo, Paraná em uma propriedade rural que dispõe de um bioossistema integrado no tratamento de dejetos. A ARS era tratada em biodigestor seguido de tanque de sedimentação e lagoa de estabilização. A tubulação de saída do biodigestor era o ponto de coleta, como pode ser observado na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Dal Bosco (2007)

Figura 1 Ponto de coleta da ARS no bioossistema integrado

Antes da semeadura de cada cultura, houve uma única aplicação de ARS. Antes dessa aplicação, foi realizada a coleta na propriedade e retirada uma amostra, a qual foi acondicionada em frasco plástico e encaminhada ao laboratório de Análises Agronômicas e Ambientais – AGRILAB para a caracterização, de acordo com a metodologia da *American Public Health Association* (APHA, AWWA & WEF, 1998). Na Tabela 5, são apresentadas as características físico-químicas das ARS aplicadas em todos os experimentos.

Tabela 5 Caracterização das ARS's aplicadas nas três culturas

| Parâmetros | Milho | Aveia | Soja |
|--|----------|----------|----------|
| pH (CaCl ₂) | 7,57 | 7,08 | 7,09 |
| N (mg L ⁻¹) | 265,10 | 1278,70 | 604,80 |
| N _{org} (mg L ⁻¹) | 18,70 | 242,70 | 112,00 |
| N _{inorg} (mg L ⁻¹) | 246,40 | 1036,00 | 492,80 |
| NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹) | 168,00 | 924,00 | 442,40 |
| NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹) | 78,40 | 112,00 | 50,40 |
| COT (mg L ⁻¹) | 40500,00 | 2250,00 | 90000,00 |
| P (mg L ⁻¹) | 69,44 | 145,11 | 107,41 |
| K ⁺ (mg L ⁻¹) | 86,50 | 445,50 | 224,50 |
| Na ⁺ (mg L ⁻¹) | 79,20 | 166,70 | 125,00 |
| Ca ²⁺ (mg L ⁻¹) | 46,00 | 196,50 | 87,00 |
| Mg ²⁺ (mg L ⁻¹) | 48,00 | 86,50 | 62,50 |
| Cu ⁺² (mg L ⁻¹) | 0,72 | 5,05 | 1,96 |
| Zn ⁺² (mg L ⁻¹) | 6,50 | 35,00 | 14,50 |
| Fe ⁺² (mg L ⁻¹) | 1,91 | 13,78 | 9,68 |
| Mn ⁺² (mg L ⁻¹) | 0,85 | 4,36 | 1,98 |
| S (mg L ⁻¹) | 18,24 | 47,30 | 38,65 |
| Turbidez (UNT) | 298,50 | 1020,00 | 745,00 |
| CE (µS m ⁻¹) | 1299,00 | 6620,00 | 3950,00 |
| RAS (meq L ⁻¹) | 2,98 | 2,98 | 2,98 |
| DQO-F (mg L ⁻¹) | 281,00 | 349,20 | 4001,00 |
| DQO (mg L ⁻¹) | 1378,00 | 5740,00 | 5767,00 |
| ST (mg L ⁻¹) | 11720,00 | 14532,00 | 4564,00 |
| STF (mg L ⁻¹) | 1128,00 | 5188,00 | 2004,00 |
| STV (mg L ⁻¹) | 10592,00 | 9344,00 | 2560,00 |
| SDT (mg L ⁻¹) | 348,00 | 2432,00 | 1592,00 |
| SFD (mg L ⁻¹) | 320,00 | 1412,00 | 140,00 |
| SVD (mg L ⁻¹) | 28,00 | 1020,00 | 1452,00 |
| STS (mg L ⁻¹) | 11372,00 | 12100,00 | 2972,00 |
| SFS (mg L ⁻¹) | 808,00 | 3776,00 | 1864,00 |
| SVS (mg L ⁻¹) | 10564,00 | 8324,00 | 1108,00 |

Protocolo de APHA, AWWA & WEF (1998). N: Nitrogênio total; N_{org}: Nitrogênio orgânico; N_{inorg}: Nitrogênio inorgânico; NH₄⁺: Amônio; NO₃⁻+NO₂⁻: Nitrato+ Nitrito; COT: Carbono orgânico total; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Cu⁺²: Cobre; Zn⁺²: Zinco; Fe⁺²: Ferro; Mn⁺²: Manganês; S: Enxofre; CE: Condutividade elétrica; RAS: Razão adsorção de sódio; DQO-F: Demanda química de oxigênio - filtrada; DQO: Demanda química de oxigênio; ST: Sólidos totais; STF: Sólidos totais fixos; STV: Sólidos totais voláteis; SDT: Sólidos dissolvidos totais; SFD: Sólidos fixos dissolvidos; SVD: Sólidos voláteis dissolvidos; STS: Sólidos totais suspensos; SFS: Sólidos fixos suspensos; SVS: Sólidos voláteis suspensos.

4.4 Condução do experimento e parâmetros avaliados

Os tratamentos foram distribuídos nas parcelas obedecendo à ordem estabelecida por Prior (2008), que os sorteou aleatoriamente em cada bloco no segundo ciclo de cultura. Os tratamentos foram distribuídos nas parcelas da área experimental, em triplicata, como mostrado na Figura 5.

A ARS foi aplicada manualmente, com o auxílio de regador, tomando-se o máximo de cuidado para que o efluente fosse distribuído uniformemente em toda a área do lisímetro.

O experimento foi conduzido durante os anos de 2009 e 2010 em sistema de plantio direto, sob os restos culturais dos experimentos anteriores.

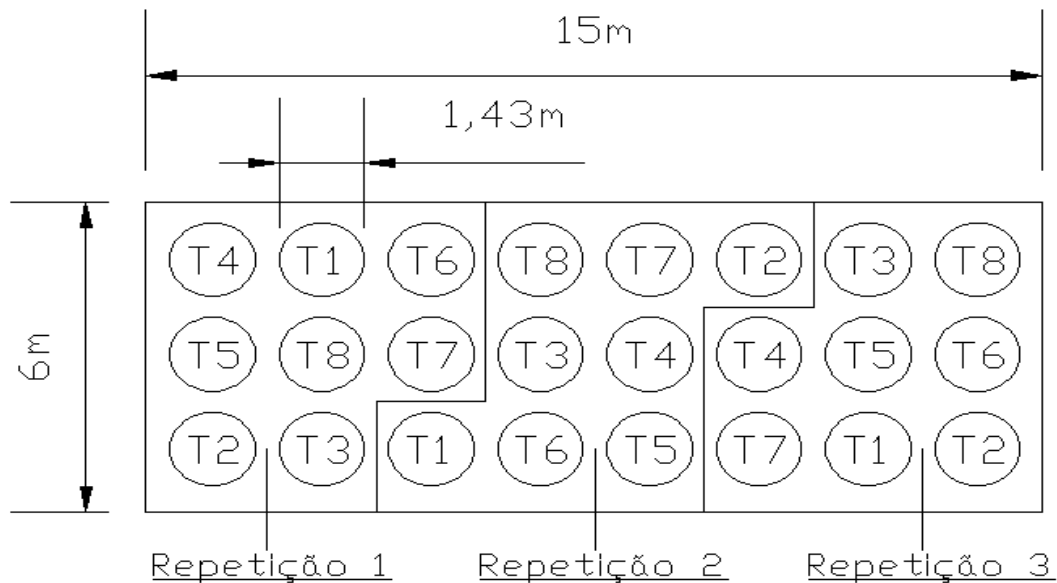


Figura 2 Localização dos tratamentos, repetições e blocos na área experimental

A semeadura e os tratos culturais para o milho seguiram metodologia adaptada por Prior (2008). A cultura foi conduzida de 17 de fevereiro a 26 de junho de 2009. Optou-se pela cultivar DowAgroScience A2 106 por apresentar ciclo precoce. A semeadura foi realizada manualmente com densidade de 4500 plantas por hectare, com duas sementes por cova e desbaste realizado cinco dias após a semeadura. Nas parcelas que receberam adubação mineral, foram aplicados 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, 30% na semeadura e o restante em cobertura, 80 kg ha^{-1} de fósforo e 90 kg ha^{-1} de potássio, ambos na semeadura.

A condução da cultura da aveia seguiu metodologia adaptada de Moreira (2001), e foi conduzida de 02 de julho a 26 de outubro de 2009. Foi utilizada a cultivar IAPAR 126, a qual foi semeada manualmente com densidade de 300 sementes por metro quadrado, e espaçamento de 0,20 m entre linhas. Nas parcelas que receberam adubação mineral, foram aplicados 50 kg ha^{-1} de ureia, aos 30 dias após a semeadura.

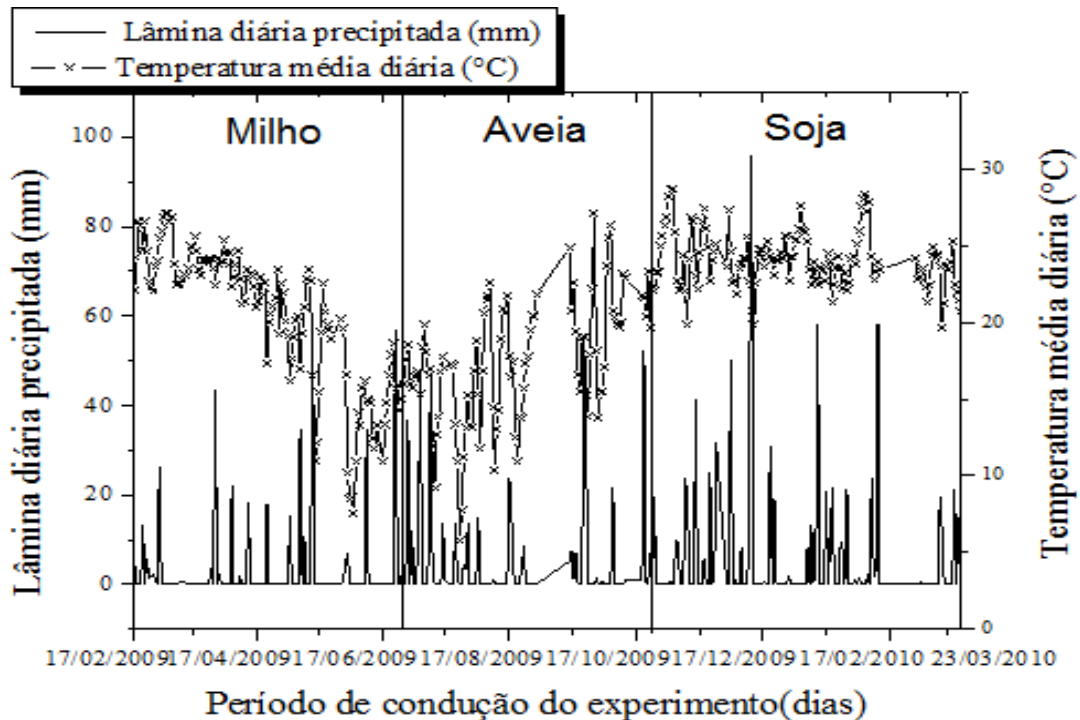
Utilizou-se a metodologia adaptada por Smanhotto (2008) para a condução da soja, de 23 de novembro de 2009 a 23 de março de 2010. A cultivar CD 223 AP (COODETEC) foi semeada manualmente e apresentou ciclo precoce de 127 dias. A densidade utilizada foi de 20 sementes por metro linear, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Nas parcelas que receberam adubação mineral, foram aplicados 250 kg ha^{-1} na semeadura da formulação NPK 0:20:20.

Os índices agrônômicos determinados para o milho foram AP (altura de planta), NF (número de folhas), DC (diâmetro de colmo) e MS (massa seca); na aveia AP (altura de planta), NP (número de perfilhos), NE (número de espigas) e MS (massa seca); e na soja foi determinada AP (altura de planta) de acordo com as metodologias adaptadas de Prior (2008), Moreira (2001) e Smanhotto (2008) para milho, aveia e soja, respectivamente. A

análise nutricional (N, P, K⁺, Ca²⁺, Na⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺ e S) foi realizada em todas as culturas conforme metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Todos os parâmetros acima descritos foram avaliados ao final do ciclo de cada cultura e em três plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, e dos valores encontrados, obteve-se a média por parcela experimental.

As amostras de solo foram coletadas no início de cada cultura, antes da aplicação da ARS e semeadura, e após a colheita, nas camadas de 0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade, em todo o perfil da parcela experimental, para determinação de pH, MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, CTC, Cu²⁺, Zn²⁺, Na⁺, CE, N, N_{inorg}, N_{org}, NO₃⁻+NO₂⁻, NH₄⁺, SB, V%, m% e H⁺Al³⁺, segundo as metodologias de Tedesco et al. (1995), EMBRAPA (1997) e Raij et al. (2001). Dos valores obtidos para as três profundidades de coletas, a média foi obtida, cujo resultado foi um valor por parcela.

As coletas do material percolado ocorreram em dois momentos: após a primeira e última precipitação do ciclo de cada cultura, onde então era escoado todo o volume de todas as parcelas experimentais, para se coletar uma amostra por parcela. Em cada amostra foram determinados: pH, CE, NO₃⁻+NO₂⁻, Cu²⁺, Zn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ de acordo com Apha, Awwa e Wef (1998) e Tedesco et al. (1995). As lâminas precipitadas e temperaturas médias diárias observadas durante a condução das três culturas podem ser observadas na Figura 3.



Fonte: SIMEPAR (2012)

Figura 3 Distribuição diária das lâminas precipitadas e temperaturas médias durante a condução do experimento

4.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental consistiu de blocos casualizados em esquema fatorial (4x2) com três repetições. Foram utilizados quatro níveis de ARS (0, 100, 200, 300 m³ha⁻¹ no ciclo) e dois níveis de adubação (ausência e presença de adubação mineral).

Antes da realização da análise de variância (ANOVA), foi realizada análise descritiva dos dados e verificada a normalidade. Para os parâmetros que não apresentaram distribuição normal, foram feitas transformações de acordo com Yeo-Johnson. Foram realizados a análise de variância e o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância em cada período de coleta isoladamente, para o percolado, o solo e planta, para cada cultura avaliada. Os testes de comparação de médias foram organizados em tabelas e avaliados em cada diferente cultura, separadamente.

Para a análise dos dados, foram utilizados os softwares Sisvar 5.1 (Ferreira, 2000) e Minitab 16.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Milho

5.1.1 Parâmetros agrônômicos

Verifica-se na Tabela 6 que o Cu^{+2} e o número de folhas (NF) não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%. Prior (2008), ao aplicar diferentes doses de ARS na cultura do milho, também não encontrou diferença estatística no NF. Logo, esses resultados são compatíveis.

Tabela 6 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agrônômicos da cultura do milho

| AM e ARS | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cu ⁺² | Mn ⁺² | NF | AM* ARS | N | Zn ⁺² | Fe ⁺² | S | AP | MS | DC |
|----------|--------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|---------|----------|------------------|------------------|---------|-----------|---------|---------|
| §0 | 1,61ab | 16,25a | 3,95b | 1,94b | 5,74a | 48,27a | 10,50a | ¶10 A | 18,11abA | 10,25abA | 152,32bB | 1,36bA | 136,22aA | 2,96aA | 23,68bA |
| §100 | 1,40a | 17,68ab | 2,87a | 1,72ab | 6,17a | 43,80a | 10,61a | ¶10 P | 26,09aB | 7,77aA | 93,03aA | 1,77aB | 211,55aB | 4,95aB | 26,64aB |
| §200 | 1,54ab | 18,43ab | 2,91a | 1,62ab | 6,27a | 47,23a | 10,78a | ¶1100 A | 14,98aA | 7,77aA | 116,05abA | 1,02aA | 179,00bA | 3,64abA | 20,15aA |
| §300 | 1,79b | 19,86b | 2,78a | 1,42a | 7,59a | 48,72a | 10,95a | ¶1100 P | 28,79aB | 12,37abB | 102,49abA | 1,65aB | 211,56aB | 4,65aB | 25,43aB |
| §A | 1,43A | 16,82A | 3,11A | 1,86A | 6,69A | 37,54A | 10,39A | ¶1200 A | 20,72bA | 10,25abA | 96,18aA | 1,23abA | 188,94bcA | 4,19bcA | 23,63bA |
| §P | 1,74B | 19,29B | 3,15A | 1,49B | 6,20A | 56,47B | 11,03A | ¶1200 P | 30,10aB | 18,38bcB | 129,30abB | 1,73aB | 214,00aB | 4,90aB | 27,84aB |
| - | - | - | - | - | - | - | - | ¶1300 A | 26,23cA | 15,55bA | 108,17aA | 1,47bA | 211,22cA | 4,70cA | 23,68bA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | ¶1300 P | 30,33aB | 21,56cB | 130,87bA | 1,63aA | 214,11aA | 4,82aB | 26,70aB |
| AM | 0,02* | 0,02* | 0,84 | 0,05* | 0,12 | 0,00* | 0,11 | AM | 0,00* | 0,00* | 0,44 | 0,02* | 0,00* | 0,00* | 0,00* |
| ARS | 0,00* | 0,00* | 0,01* | 0,01* | 0,36 | 0,76 | 0,85 | ARS | 0,00* | 0,01* | 0,51 | 0,00* | 0,00* | 0,00* | 0,00* |
| ARS* | 0,06 | 0,56 | 0,60 | 0,50 | 0,34 | 0,41 | 0,66 | ARS* | 0,01* | 0,02* | 0,00* | 0,03* | 0,00* | 0,00* | 0,03* |
| AM | | | | | | | | AM | | | | | | | |
| CV (%) | 11,44 | 9,30 | 16,96 | 17,36 | 19,90 | 18,47 | 8,62 | CV (%) | 8,00 | 19,95 | 13,19 | 8,17 | 6,26 | 6,81 | 4,26 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação;

Macronutrientes expressos: g kg⁻¹; Micronutrientes expressos: mg kg⁻¹; AP e DC expresso: cm; MS expresso em mg.

O parâmetro P apresentou significância para ambos os fatores, cujas maiores médias foram nas doses 0ARS e 300ARS, e também na presença de AM. Meneghetti (2010), em experimento com minimilho, também verificou significância para os valores de P quando aplicou água residuária da suinocultura. Veloso (2010) observou em seu estudo redução nas concentrações foliares de P em relação à testemunha quando aplicou cama de suíno na cultura do milho, resultado que contrastou com o do presente estudo.

O íon potássio (K⁺) obteve significância para ambos os fatores, o qual aumentou proporcionalmente com as aplicações de ARS e AM. Ceretta et al. (2005) encontraram resultados semelhantes e verificaram que o K⁺ encontrado no dejetos está prontamente disponível à planta, diferente do encontrado no presente estudo. No entanto, Seidel et al. (2010) não verificaram significância nos teores foliares de K⁺ no milho.

O íon Ca^{2+} , para o fator ARS, apresentou valores decrescentes de acordo com o aumento nas doses de aplicação, cuja maior média foi observada com 0ARS, ou seja, conforme aumentava a aplicação, reduziam os valores de Ca^{2+} na folha do milho. Seidel et al. (2010) obtiveram resultado diferente do encontrado neste trabalho, pois não observaram significância para os valores de Ca^{2+} na folha do milho sob aplicação de ARS.

Verificou-se que, para o íon Mg^{2+} , o mesmo comportamento foi inversamente proporcional à aplicação de ARS, porém, diretamente proporcional à aplicação de AM. Prior (2008) e Seidel et al. (2010) não observaram valores significativos de Mg^{2+} no tecido foliar do milho, para as diferentes doses de aplicação. Em contrapartida, Oliveira et al. (2004) encontraram teores foliares de Mg^{2+} estatisticamente superiores com a aplicação de água residuária da suinocultura, em comparação à testemunha. Todavia para o íon Mn^{2+} , verificou-se significância apenas para o fator AM, em que os valores foram maiores na presença.

Ocorreram também interações significativas entre ARS x AM, conforme Tabela 6, para os parâmetros N, Zn^{+2} , Fe^{+2} , S, AP, MS e DC.

No desdobramento de ARS dentro de AM para o parâmetro N, verificou-se aumento, tanto na presença quanto na ausência de AM, de acordo com a aplicação de ARS. No desdobramento AM dentro de ARS, os valores foram sempre maiores na presença do que na ausência de ARS. Isso corroborou com os resultados encontrados por Ceretta et al. (2005) e Prior (2008), que também observaram acúmulo de N de acordo com o aumento da aplicação de dejetos na folha do milho.

Para o íon Zn^{+2} , no desdobramento de ARS dentro de AM, foi verificado aumento conforme aumentaram-se as doses de ARS, tanto na ausência quanto na presença de AM. Assim como os resultados encontrados por Meneghetti (2010), em relação aos teores foliares do minimilho. Não houve diferença estatística no desdobramento AM dentro de ARS apenas para o tratamento 0ARS. Porém, para os demais, as médias foram maiores na presença de AM. Prior (2008) também observou aumento nos teores de Zn^{+2} na folha de milho quando as doses de ARS foram maiores.

O íon Fe^{+2} , no desdobramento de ARS dentro de AM, obteve tendência crescente ao aumento nas doses de ARS, na presença de AM. Em contrapartida, na ausência, as médias diminuíram conforme se aumentou a dose de aplicação de ARS. No desdobramento de AM dentro de ARS, para as doses de 0 e 100ARS, as médias foram inferiores na presença de AM, enquanto que nas doses de 200 e 300ARS, as médias foram maiores na presença do que na ausência de AM. Oliveira et al. (2004) não observaram diferença estatística na concentração foliar de Fe^{+2} para os diferentes tipos de águas residuárias aplicadas e testemunha.

Para o enxofre (S), no desdobramento de ARS dentro de AM, foram observadas maiores médias nos tratamentos 0 e 300 ARS, na ausência de AM, porém, na presença, as

maiores médias ocorreram nos tratamentos 0 e 200 ARS. No desdobramento de AM dentro de ARS, os valores maiores foram observados na presença de AM, com exceção do tratamento 300ARS, que obteve médias estatisticamente iguais. Meneghetti (2010) constatou o acréscimo no minimilho de S, P, Ca^{2+} e Mg^{2+} com o aumento nas doses de ARS.

Em AP, no desdobramento de ARS dentro de AM, as médias aumentaram significativamente com a adição de ARS, tanto na presença quanto na ausência. O mesmo ocorreu no desdobramento de AM dentro de ARS, onde as médias foram maiores na presença de AM. O mesmo foi observado por Freitas et al. (2004) e Prior (2008), os quais relataram um aumento na altura da planta do milho com a adição de ARS. Cesarino (2006) encontrou maiores valores para altura de planta em milho fertirrigado com água residuária da suinocultura.

Em massa seca (MS), no desdobramento de ARS dentro de AM, os tratamentos com presença de AM apresentaram médias estatisticamente semelhantes. Todavia, na ausência, fica visível o aumento das médias concomitantemente ao aumento das doses de ARS. No desdobramento de AM dentro de ARS, as médias são maiores na presença de AM. Ceretta et al. (2005) também encontraram maior produtividade de matéria seca do milho conforme aumentaram a dose de aplicação.

Para diâmetro de colmo (DC), as médias do desdobramento AM dentro de ARS foram estatisticamente maiores na presença de AM em todas as doses de ARS. No desdobramento de ARS dentro de AM, todos os valores foram estatisticamente semelhantes na presença de AM.

Todas as doses avaliadas apresentaram teores de metais pesados na folha do milho dentro da faixa recomendada por Raij et al. (1991). Assim, nas folhas maduras, os íons Cu^{+2} e Zn^{+2} apresentaram resultados de 3 a 20 mg kg^{-1} e 10 a 50 mg kg^{-1} , respectivamente.

Os parâmetros P e Mn^{+2} não atingiram os valores mínimos adequados, recomendados por Malavolta (2006), que são de 2,5 g kg^{-1} e 50 mg kg^{-1} , respectivamente. No entanto, o N e S somente atingiram os valores de 27,5 e 1,5 g kg^{-1} , respectivamente, na presença de AM. De acordo com a EMBRAPA (1996), a deficiência de um dos micronutrientes pode ocasionar a desorganização de processos metabólicos e ainda a deficiência de um macronutriente, além disso, a aplicação excessiva de água residuária pode ser mais prejudicial à planta do que a própria deficiência. Prior (2008) afirma que é de suma importância o balanceamento adequado dos nutrientes aplicados, visto que o desequilíbrio desses no solo pode agir de forma desfavorável ao rendimento da cultura.

5.1.2 Parâmetros do solo

No início do ciclo, conforme Tabela 7, verifica-se que MO, P, Mg^{2+} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , SB e CTC não demonstraram diferença significativa. Ao final do ciclo, os parâmetros que não tiveram diferença significativa foram pH, MO, CE, N, $NO_3^-+NO_2^-$, N_{inorg} , N_{org} , NH_4^+ , P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , SB, CTC, V%, m% e H^+Al^{3+} . Ressalta-se que, ao início do ciclo, as análises são resultados do estudo realizado por Meneghetti (2010), que não avaliou os seguintes parâmetros: CE, N_{inorg} , N_{org} , NH_4^+ e m%.

Parâmetros como pH, K^+ , Na^+ , V% e H^+Al^{3+} , no início do ciclo, apresentaram diferença significativa para o fator AM. Mas, as maiores médias foram encontradas apenas em K^+ e H^+Al^{3+} , na presença de AM. O íon K^+ também demonstrou diferença significativa para ARS, sendo possível verificar o aumento com a adição de ARS. Portanto, para os solos que receberam maiores doses de ARS, houve incremento nas concentrações e acúmulo de potássio no solo. Prior (2008) também observou o acúmulo desse elemento em maiores doses de ARS. Doblinski et al. (2010) justificaram o acúmulo de K^+ no solo devido à sua baixa mobilidade, já que é adsorvido pelo solo.

Queiroz et al. (2004), ao avaliarem o efeito da aplicação de esterco suíno no plantio de forrageiras, também observaram o acúmulo de K^+ no solo, assim como Assmann et al. (2009) constataram o acréscimo nos valores de K^+ com a adição de dejetos líquidos suínos.

Ao final do ciclo, os íons K^+ e Na^+ foram os parâmetros que obtiveram diferença significativa ao nível de 5% para ARS. Foi possível inferir que ambos aumentam proporcionalmente conforme aumentam as doses de aplicação de ARS.

Freitas et al. (2004) afirmam que com a adição de águas residuárias de suinocultura ao solo, os níveis do íon K^+ aumentam, já que esse efluente é rico em tais nutrientes. Esses resultados também foram encontrados por Queiroz et al. (2004), em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo do Rio Grande do Sul; por Silva et al. (2007), em Latossolo Vermelho-Amarelo do Paraná e por Dal Bosco et al. (2008), em Latossolo Vermelho Distroférico. Prior (2008) e Meneghetti (2010) também evidenciaram aumento nas concentrações de Na^+ no solo quando houve aumento nas doses de ARS.

De acordo com Gonçalves et al. (2007), o aumento nas concentrações de Na^+ no solo, em comparação ao Ca^{2+} e Mg^{2+} , é passível de riscos associados às alterações na estrutura física do solo, pela dispersão da argila, desestruturação dos agregados e entupimento dos poros, além de reduzir a permeabilidade, taxa de infiltração e absorção de água pelas plantas.

Apesar de não significativo ao nível de 5%, é possível observar tendência crescente do Zn^{+2} em relação ao aumento das doses de ARS. O mesmo comportamento se repete para o Cu^{+2} , que se assemelhou aos resultados observados por Giroto et al. (2010), que relataram acúmulo deste elemento no solo com a aplicação de ARS.

Tabela 7 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura do milho

| AM e ARS | Início do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|--------|---------|----------|--|--------------------|------------------|------------------------------|--------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|---------|--------|-------|---------------------------------|
| | pH | MO | CE | N | NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ | N _{inorg} | N _{org} | NH ₄ ⁺ | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² | Mn ⁺² | Fe ⁺² | SB | CTC | V% | m% | H ⁺ Al ³⁺ |
| §0 | 6,32a | 20,76a | - | 1,04a | 1,02 ^a | - | - | - | 8,50a | 0,16a | 5,09a | 3,41a | 2,67a | 9,82a | 1,75a | 51,92a | 109,75a | 8,65a | 11,85a | 72,67a | - | 3,06a |
| §100 | 6,08a | 21,09a | - | 1,06a | 1,10 ^a | - | - | - | 10,51a | 0,29ab | 4,13a | 2,68a | 1,83a | 10,06a | 1,78a | 46,62a | 109,62a | 7,09a | 10,70a | 64,83a | - | 3,61a |
| §200 | 6,23a | 19,86a | - | 0,99a | 1,03 ^a | - | - | - | 9,23a | 0,37ab | 4,42a | 2,68a | 2,33a | 10,32a | 2,02a | 46,91a | 111,67a | 7,46a | 10,73a | 68,83a | - | 3,26a |
| §300 | 6,28a | 19,83a | - | 0,99a | 0,96 ^a | - | - | - | 9,00a | 0,48b | 4,64a | 2,78a | 2,17a | 9,98a | 2,53a | 48,43a | 106,22a | 7,91a | 10,84a | 72,17a | - | 2,93a |
| §A | 6,38B | 21,09A | - | 1,05A | 1,04 ^a | - | - | - | 8,06A | 0,26A | 4,87B | 3,09A | 2,58B | 10,17A | 2,24A | 52,82A | 112,71A | 8,22A | 11,21A | 72,75B | - | 2,92A |
| §P | 6,08A | 19,68A | - | 0,99A | 1,02 ^a | - | - | - | 10,56A | 0,39B | 4,27A | 2,68A | 1,92A | 9,91A | 1,80A | 44,11A | 105,92A | 7,34A | 10,84A | 66,50A | - | 3,51B |
| AM | 0,02* | 0,46 | - | 0,47 | 0,78 | - | - | - | 0,36 | 0,05* | 0,02* | 0,09 | 0,07* | 0,33 | 0,48 | 0,13 | 0,34 | 0,20 | 0,50 | 0,04* | - | 0,01* |
| ARS | 0,50 | 0,95 | - | 0,95 | 0,60 | - | - | - | 0,96 | 0,01* | 0,49 | 0,12 | 0,42 | 0,59 | 0,79 | 0,89 | 0,95 | 0,39 | 0,40 | 0,19 | - | 0,15 |
| ARS*AM | 0,27 | 0,89 | - | 0,89 | 0,98 | - | - | - | 0,88 | 0,49 | 0,66 | 0,61 | 0,39 | 0,18 | 0,60 | 0,95 | 0,10 | 0,69 | 0,97 | 0,31 | - | 0,17 |
| CV (%) | 4,47 | 22,62 | - | 22,58 | 16,38 | - | - | - | 68,93 | 43,89 | 23,62 | 19,47 | 37,72 | 6,27 | 74,60 | 2,28 | 15,54 | 20,43 | 11,85 | 9,48 | - | 15,65 |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| §0 | 7,17a | 22,50a | 98,62a | 998,67a | 3,00a | 11,83a | 987,17a | 9,00a | 4,52a | 2,37a | 72,53a | 21,08a | 0,47a | 8,55a | 2,08a | 55,33a | 29,17a | 96,30a | 120,33a | 79,83a | 1,87a | 23,83a |
| §100 | 7,03a | 20,83a | 82,92a | 956,67a | 4,00a | 15,17a | 941,83a | 11,33a | 2,35a | 2,61a | 71,83a | 20,85a | 0,68ab | 8,73a | 1,92a | 48,83a | 28,67a | 95,97a | 119,17a | 80,17a | 1,73 | 23,22a |
| §200 | 6,79a | 20,83a | 93,37a | 1057,00a | 3,33 ^a | 12,50a | 1044,83a | 9,00a | 3,85a | 3,40ab | 62,07a | 20,42a | 0,78b | 8,93a | 1,73a | 46,50a | 29,17a | 86,67a | 114,33a | 75,83a | 1,48a | 27,65a |
| §300 | 6,99a | 20,33a | 108,07a | 865,67a | 4,17 ^a | 13,67a | 852,17a | 9,67a | 3,73a | 4,67b | 65,80a | 20,57a | 0,80b | 8,55a | 2,77a | 46,33a | 28,50a | 92,02a | 113,17a | 80,67a | 1,52a | 21,15a |
| §A | 7,07A | 21,58A | 90,42A | 997,50A | 3,33 ^a | 12,42A | 985,50A | 9,08A | 2,88A | 2,80A | 69,70A | 20,95A | 0,75A | 8,66A | 2,02A | 48,75A | 28,00A | 94,11A | 115,75A | 80,83A | 1,71A | 21,65A |
| §P | 6,92A | 20,67A | 101,07A | 941,50A | 3,92 ^a | 14,17a | 927,50A | 10,42A | 4,35A | 3,72A | 66,42A | 20,51A | 0,62A | 8,73A | 2,23A | 49,75A | 29,75A | 91,37A | 117,75A | 77,42A | 1,59A | 26,28A |
| AM | 0,40 | 0,60 | 0,31 | 0,50 | 0,26 | 0,11 | 0,48 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,59 | 0,07 | 0,07 | 0,87 | 0,56 | 0,82 | 0,38 | 0,68 | 0,68 | 0,31 | 0,64 | 0,21 |
| ARS | 0,52 | 0,82 | 0,40 | 0,42 | 0,33 | 0,16 | 0,41 | 0,12 | 0,25 | 0,02* | 0,57 | 0,20 | 0,01* | 0,89 | 0,24 | 0,42 | 0,99 | 0,71 | 0,66 | 0,71 | 0,65 | 0,62 |
| ARS*AM | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,99 | 0,91 | 0,74 | 0,99 | 0,57 | 0,65 | 0,98 | 0,40 | 0,28 | 0,36 | 0,60 | 0,49 | 0,65 | 0,28 | 0,45 | 0,68 | 0,42 | 0,64 | 0,39 |
| CV (%) | 6,24 | 19,62 | 26,09 | 20,41 | 33,25 | 19,15 | 20,55 | 18,30 | 49,77 | 35,72 | 21,72 | 2,64 | 23,92 | 11,53 | 41,62 | 21,00 | 16,30 | 17,42 | 10,06 | 9,98 | 35,96 | 35,64 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para AM.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação;

Valores expressos: mg dm⁻³, exceto MO, CTC, K⁺, Cu⁺², Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺², SB, H⁺Al³⁺ expressos: mmol dm⁻¹ e CE expressa: µS cm⁻¹

Verificou-se, no final do ciclo, o decréscimo nos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} , apesar de não significativo, conforme o aumento nas doses de ARS. Esses dados se contrapõem aos resultados encontrados por outros autores, como Scherer, Baldissera e Nesi (2007), que constataram elevação nos níveis de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em Latossolo Vermelho, embora também não significativa ao nível de 5%, com a aplicação de ARS.

Para o fator CTC, apesar de não significativo, ocorreu efeito negativo, conforme a elevação das doses de ARS, observada no final do ciclo da cultura. Segundo Prior (2008), a baixa CTC do solo é atribuída ao pH ácido do solo.

A CE também apresentou comportamento crescente com o aumento das doses de aplicação de ARS, apesar do teste estatístico não ser significativo ao nível de 5%.

Para V%, apenas o fator AM, no início do ciclo, foi estatisticamente significativo ao nível de 5%, mas tal fator foi maior na ausência de AM do que na presença da mesma.

Os íons Cu^{+2} , Fe^{+2} e Zn^+ excederam os limites de 0,8, 30 e 1,5 mg dm^{-3} , respectivamente, preconizados por Raij et al. (2001). Isso evidenciou que aplicações sucessivas de ARS podem ocasionar acúmulo de certos elementos no solo, bem como causarem problemas de toxicidade ou até percolarem no perfil do solo. Esses íons também podem ser carregados por escoamento superficial e contaminarem os corpos hídricos.

O excesso de Fe^{+2} no solo pode ser justificado pela elevada concentração de P, visto que esse inibe a absorção de ferro pelas culturas, formando complexos insolúveis. O acúmulo de Fe^{+2} também pode ser atribuído ao desequilíbrio em relação ao cobre, que afeta a sua disponibilidade às plantas. A alta concentração de Zn^+ também constitui uma provável causa, pois a concentração de Fe^{+2} tende a se reduzir nas plantas diante do excesso de Zn^+ (Raij et al., 1991).

5.1.3 Parâmetros do lixiviado

Conforme Tabela 8, no início do ciclo, os parâmetros dos quais não foram observadas diferenças significativas foram pH, CE, $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, K^+ , Ca^{2+} , Cu^{+2} , Mg^{+2} e Mn^{+2} . No final do ciclo, os parâmetros $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{+2} , Na^+ , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} e Fe^{+2} não tiveram diferenças significativas ao nível de 5%.

No início do ciclo, o íon Na^+ foi significativo para o fator ARS, portanto, apresentou a tendência de reduzir na maior dose de aplicação.

O íon Zn^{+2} também apresentou diferença significativa ao nível de 5% para o fator AM no início do ciclo, com valores inferiores na ausência de adubação química.

Tabela 8 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura do milho

| Início do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|---------|--|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|--------|------------------|
| AM e ARS | pH | CE | NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² | Mn ⁺² | Fe ⁺² | AM * ARS | pH | Fe ⁺² |
| §0 | 7,17a | 220,62a | 2,35a | 14,31a | 18,62a | 6,61a | 13,34ab | 0,02a | 0,70a | 0,17a | - | ¶10 A | - | 0,23aA |
| §100 | 7,02a | 272,17a | 3,25a | 18,13a | 23,87a | 5,84a | 11,42a | 0,11a | 0,97a | 0,17a | - | ¶10 P | - | 1,36aB |
| §200 | 7,11a | 262,53a | 2,32a | 27,50a | 40,82a | 10,98a | 23,39b | 0,19a | 0,93a | 0,06a | - | ¶100 A | - | 0,67aA |
| §300 | 7,00a | 234,73a | 6,42a | 25,01a | 38,38a | 6,68a | 18,51ab | 0,18a | 0,91a | 0,10a | - | ¶100 P | - | 1,22aA |
| §A | 7,11A | 217,58A | 3,44A | 25,06A | 31,27A | 8,42A | 17,30A | 0,11A | 0,50A | 0,11A | - | ¶200 A | - | 1,65aB |
| §P | 7,04A | 277,44A | 3,73A | 17,41A | 29,80A | 6,63A | 16,03A | 0,14A | 1,26B | 0,14A | - | ¶200 P | - | 0,26aA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | - | 0,76aA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | - | 1,07aA |
| AM | 0,49 | 0,26 | 0,80 | 0,30 | 0,80 | 0,44 | 0,64 | 0,75 | 0,02* | 0,60 | - | AM | - | 0,55 |
| ARS | 0,65 | 0,88 | 0,06 | 0,55 | 0,08 | 0,39 | 0,03* | 0,51 | 0,92 | 0,43 | - | ARS | - | 0,97 |
| ARS*AM | 0,93 | 0,82 | 0,34 | 0,56 | 0,93 | 0,14 | 0,50 | 0,40 | 0,93 | 0,31 | - | ARS*AM | - | 0,02* |
| CV (%) | 3,75 | 50,71 | 74,24 | 82,31 | 52,68 | 72,82 | 39,54 | 172,82 | 83,17 | 104,32 | - | CV (%) | - | 67,56 |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | |
| §0 | - | 107,83a | 1,33a [∞] | 1,72a | 14,19a | 16,92a | 13,37a | ns | 0,65a | 0,16a | 1,80a | ¶10 A | 7,70aA | - |
| §100 | - | 87,00a | 2,33a [∞] | 2,06a | 12,27a | 16,40a | 17,79a | ns | 0,57a | 0,15a | 1,78a | ¶10 P | 7,41bA | - |
| §200 | - | 114,17a | 2,83a [∞] | 1,98a | 14,48a | 15,71a | 16,45a | ns | 0,62a | 0,15a | 1,47a | ¶100 A | 7,51aB | - |
| §300 | - | 111,17a | 6,83a [∞] | 2,11a | 19,03a | 19,05a | 16,19a | ns | 0,63a | 0,14a | 1,49a | ¶100 P | 6,67aA | - |
| §A | - | 80,25A | 1,66A [∞] | 1,82A | 12,64A | 16,78A | 14,98A | ns | 0,64A | 0,15A | 1,58A | ¶200 A | 7,47aA | - |
| §P | - | 129,83B | 5,00A [∞] | 2,12A | 17,35A | 17,26A | 16,92A | ns | 0,59A | 0,15A | 1,68A | ¶200 P | 7,20bA | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | 7,29aA | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | 7,19bA | - |
| AM | - | 0,05* | 0,09 | 0,18 | 0,11 | 0,79 | 0,32 | ns | 0,35 | 0,86 | 0,68 | AM | 0,00* | - |
| ARS | - | 0,83 | 0,11 | 0,57 | 0,38 | 0,59 | 0,44 | ns | 0,74 | 0,94 | 0,66 | ARS | 0,01* | - |
| ARS*AM | - | 0,70 | 0,37 | 0,53 | 0,21 | 0,83 | 0,86 | ns | 0,13 | 0,14 | 0,85 | ARS*AM | 0,02* | - |
| CV (%) | - | 52,91 | 71,68 | 26,34 | 44,40 | 25,40 | 29,13 | ns | 20,40 | 31,71 | 36,24 | CV (%) | 2,58 | - |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação; ns: valores não significativos; [∞] variáveis com transformação Yeo-Johnson.

Nutrientes expressos: mg L⁻¹; CE expresso: µS cm⁻¹

No início do ciclo, observou-se interação significativa para Fe⁺², cuja maior média foi observada na dose 200A.

A CE apresentou médias significativamente maiores com a adição de adubação mineral no final do ciclo.

Ao final do ciclo, observa-se interação significativa no pH, o qual teve tendência a reduzir com o aumento nas doses de ARS. Esses resultados contrastam com os encontrados por Maggi et al. (2011), que não observaram alterações do pH em função da aplicação de ARS e adubação química.

Apesar de não significativos, os maiores valores de K⁺ foram observados com a aplicação 200 m³ ha⁻¹ de ARS. Autores como Anami et al. (2008), Maggi et al. (2011) e Meneghetti (2010) observaram maior concentração de potássio no lixiviado nos tratamentos com maiores lâminas de ARS.

O Cu⁺² não percolou significativamente no início do ciclo, e no final, sua presença não foi significativa. O fato se justifica pelo fato de o íon Cu⁺² ser um dos metais pesados com menor mobilidade no perfil do solo, pois adsorve fortemente os colóides orgânicos e inorgânicos do solo (Silva et al., 2007).

Apesar de não significativo, o $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ apresentou tendência a elevar-se com o aumento das doses de ARS e também com a adição de fertilizante, tanto no início quanto ao final da cultura, resultado semelhante ao encontrado por Basso et al. (2005), Caovilla et al. (2005), Aita e Giacomini (2008), Evanylo et al. (2008), Meneghetti (2010) e Smanhotto (2010), os quais verificaram em estudos que o NO_3^- aumentou com a aplicação de ARS. Cavanagh, Gasser e Labrecque (2011) confirmam que doses menores de resíduo suíno podem adubar a cultura sem riscos de contaminação de nitrato nas águas subterrâneas.

Os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} mostraram tendência, porém não significativa, de aumentar com adição de ARS e AM. Maggi et al. (2011) e Meneghetti (2010) também observaram aumento nos valores de Ca^{2+} , conforme houve aumento nas doses de ARS e adição de AM. Os autores afirmam ainda que a baixa percolação do Ca^{2+} se deve ao elevado poder de adsorção do elemento pelo solo. Goss, Ehlers e Unc (2010), em lisímetros de drenagem, observaram a percolação de Ca^{2+} , NO_3^- , Mg^{2+} e Na^+ no perfil do solo, os quais atingiram a água lixiviada.

Segundo a Resolução do CONAMA 396/2008 (Brasil, 2008), que considera como limites máximos 50, 100, 25, 300, 20, 1000 e 100 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , NO_2^- , NO_3^- , Na^+ e Zn^{+2} para águas subterrâneas, respectivamente. Todos esses parâmetros, no presente estudo, estiveram acima do permitido, caracterizando-se poluição para esta classe de água.

A percolação de Cu^{+2} , Fe^{+2} e Zn^{+2} ocorre em consequência das elevadas concentrações desses elementos no solo, que estão acima dos limites máximos previstos por Raij et al. (2001), como discutido anteriormente.

5.2 Aveia

5.2.1 Parâmetros agronômicos

Conforme Tabela 9, verifica-se que os parâmetros Ca^{2+} , P, N, Fe^{+2} , Zn^{+2} não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, para ambos os fatores, apesar do presente estudo ser o 7º ciclo consecutivo com aplicação de ARS associada à adubação mineral.

Para os íons Cu^{+2} e K^+ , foram observadas diferenças significativas para o fator ARS, cujo aumento da concentração de ARS resultou na redução do Cu^{+2} e aumento

de K⁺ na aveia. Resultados diferentes foram observados por Cabral et al. (2011) no capim-elefante, cujas menores doses de K⁺ foram verificadas nas maiores doses de aplicação de ARS.

Tabela 9 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agrônômicos da cultura da aveia

| AM e ARS | K ⁺ | Cu ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | P | N | S | Fe ²⁺ | Zn ²⁺ | NP | NE | AP | MS | AM*ARS | Mn ²⁺ |
|----------|----------------|------------------|------------------|------------------|-------|--------|--------|------------------|------------------|--------|-------|--------|---------|--------|------------------|
| §0 | 14,817a | 19,00b | 4,12a | 3,95c | 1,92a | 17,74a | 1,22b | 1463,87a | 22,50a | 0,72a | 0,22a | 39,11a | 12,68a | ¶0 A | 76,50bB |
| §100 | 17,29ab | 8,00a | 3,49a | 3,31ab | 1,60a | 15,11a | 0,96a | 1039,15a | 12,67a | 2,50ab | 1,33b | 78,89b | 17,56ab | ¶10 P | 65,50cA |
| §200 | 18,92ab | 10,83ab | 3,45a | 2,93a | 1,52a | 15,79a | 0,98ab | 1016,07a | 17,83a | 2,89b | 1,17b | 72,78b | 21,26b | ¶100 A | 27,00aA |
| §300 | 21,98b | 12,50ab | 4,37a | 3,47bc | 1,59a | 17,06a | 1,09ab | 1272,03a | 25,00a | 4,17b | 1,11b | 69,10b | 16,56ab | ¶100 P | 34,50bA |
| §A | 18,06A | 12,00A | 3,78A | 3,66B | 1,79A | 16,72A | 1,03A | 1093,50A | 21,17A | 1,81A | 0,72A | 65,53A | 14,34A | ¶200 A | 73,50bB |
| §P | 18,45A | 13,17A | 3,93A | 3,16A | 1,53A | 16,13A | 1,09A | 1302,06A | 17,83A | 3,33B | 1,19B | 64,41A | 19,69B | ¶200 P | 16,00aA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | 89,33cA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | 95,00dA |
| AM | 0,79 | 0,58 | 0,79 | 0,00* | 0,09 | 0,60 | 0,33 | 0,087 | 0,31 | 0,01* | 0,04* | 0,86 | 0,02* | AM | 0,00* |
| ARS | 0,02* | 0,01* | 0,56 | 0,00* | 0,23 | 0,35 | 0,03* | 0,05 | 0,07 | 0,00* | 0,01* | 0,00* | 0,07* | ARS | 0,00* |
| ARS*AM | 0,33 | 0,51 | 0,20 | 0,60 | 0,82 | 0,14 | 0,24 | 0,271 | 0,26 | 0,23 | 0,58 | 0,19 | 0,33 | ARS*AM | 0,00* |
| CV (%) | 19,49 | 39,81 | 34,18 | 8,71 | 20,87 | 16,20 | 13,65 | 23,19 | 36,51 | 49,52 | 53,79 | 24,82 | 29,34 | CV (%) | 7,90 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação;

Macronutrientes expressos: g kg⁻¹; Micronutrientes expressos: mg kg⁻¹; AP expresso: cm; MS expresso: mg.

Léis et al. (2009) e Mondardo et al. (2011) observaram incrementos nos teores de N, P e K⁺ quando adicionaram dejetos líquidos de suínos ao solo, porém Ciancio (2010) afirma que doses elevadas de dejetos suínos, tanto com, quanto sem adubação nitrogenada de cobertura, são menos eficientes que as doses intermediárias, as quais têm maior aproveitamento dos nutrientes N, P e K⁺. Mostram ainda que lâminas maiores potencializam o risco de contaminação do solo e da água.

O Mg²⁺ apresentou valores significativos para ambos os fatores, ARS e AM, onde as maiores médias foram observadas na ausência de ARS e AM. Assmann et al. (2009) obtiveram resultados diferentes dos encontrados neste trabalho, com incremento de 184% de Mg²⁺ no primeiro ano de aplicação de esterco líquido suíno em pastagem do tipo aveia branca + azevém; e no segundo ano, o incremento foi de 317%, em relação à testemunha. Cabral et al. (2011) avaliaram diferentes doses de ARS em capim-elefante e verificaram maiores teores de Mg²⁺ nas maiores doses aplicadas.

Verificam-se também valores significativos para o fator ARS no S, enquanto a maior média encontra-se representada na dose 0ARS.

Nos parâmetros AP, MS, NP e NE, foi observada diferença significativa tanto para ARS quanto para AM, com exceção de AP, que não apresentou valores significativos em AM. Parâmetros como MS e NE apresentaram as maiores médias na dose de 200ARS, e também na presença de AM. Porém, para NP, observou-se a

maior média na maior dose de ARS e também na presença de AM. A AP atingiu valores maiores para a dose de 100ARS.

Assmann et al. (2007) e Araújo et al. (2010) também observaram aumento na produção de matéria seca em aveia-preta com adição de esterco líquido de suíno, evidenciando o potencial fertilizante do efluente. Em determinado estudo, Arns (2004) verificou que a aplicação de 300 kg de N total ha⁻¹ via cama sobreposta de suíno na semeadura resultou em maiores rendimentos de massa seca em aveia branca. Todavia, Drumond et al. (2006) relataram aumento de matéria seca de Tifton com a adição de ARS.

No parâmetro Mn⁺², foi observada interação significativa, em que foram observadas as maiores médias na maior dose de aplicação com adubação química. Resultados diferentes foram encontrados por Araújo et al. (2010) que, ao aumentarem as doses de ARS, observaram decréscimo nas concentrações de Mn⁺² na aveia preta.

Segundo limites estabelecidos por Camargo et al. (1996), que consideram como teores mínimos foliares para nutrição ideal da aveia 20, 2 e 1,5 g kg⁻¹ para N, P e S, respectivamente, o presente estudo não alcançou esses valores. As baixas concentrações de N encontrados na aveia provavelmente devem-se à nitrificação do N amoniacal contido na ARS que ocorre de forma rápida; muitas vezes, antes da capacidade absorção pela raiz.

5.2.2 Parâmetros do solo

Conforme a Tabela 10, observa-se que apenas os íons K⁺ e Na⁺ apresentaram resultados significativos ao nível de 5% para o fator ARS. Tal fato representa o aumento desses com a adição de ARS ao início do ciclo, e também ao final para Na⁺. Ressalta-se, que para o Na⁺, ao final do ciclo, também foi observada diferença estatística para o fator AM, porém, a presença de tais adubos reduziu os valores desse elemento no solo. Freitas et al. (2005) e Assmann et al. (2007), quanto aos teores de K⁺, observaram aumentos proporcionais ao aumento nas doses de aplicação de ARS, o que contrastou com resultados encontrados por Ceretta et al. (2003), os quais constataram a redução de K⁺ na superfície do solo com o aumento da aplicação de dejetos de suínos.

Tabela 10 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura da aveia

| AM e ARS | Início do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|--|--------------------|------------------|------------------------------|-------|--------|---------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------|------------------|------------------|---------|--------|-------|-------|---------------------------------|
| | N | NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ | N _{inorg} | N _{org} | NH ₄ ⁺ | pH | MO | CTC | K ⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | CE | Fe ⁺² | Mn ⁺² | SB | V% | m% | P | H ⁺ Al ³⁺ |
| §0 | 998,67a | 3,00a | 11,83a | 987,17a | 9,00a | 7,17a | 22,50a | 120,33a | 2,37a | 8,55a | 2,08a | 72,53a | 21,08a | 0,47a | 98,62a | 29,17a | 55,33a | 96,30a | 79,83a | 1,87a | 4,52a | 23,83a |
| §100 | 956,67a | 4,00a | 15,17a | 941,83a | 11,33a | 7,03a | 20,83a | 119,17a | 2,61a | 8,73a | 1,92a | 71,83a | 20,85a | 0,68ab | 82,92a | 28,67a | 48,83a | 95,97a | 80,17a | 1,73a | 2,35a | 23,22a |
| §200 | 1057,00a | 3,33 ^a | 12,50a | 1044,83a | 9,00a | 6,79a | 20,83a | 114,33a | 3,40ab | 8,93a | 1,73a | 62,07a | 20,42a | 0,78b | 93,37a | 29,17a | 46,50a | 86,67a | 75,83a | 1,48a | 3,85a | 27,65a |
| §300 | 865,67a | 4,17 ^a | 13,67a | 852,17a | 9,67a | 6,99a | 20,33a | 113,17a | 4,67b | 8,55a | 2,77a | 65,80a | 20,57a | 0,80b | 108,07a | 28,50a | 46,33a | 92,02a | 80,67a | 1,52a | 3,73a | 21,15a |
| §A | 997,50A | 3,33 ^a | 12,42A | 985,50A | 9,08A | 7,07A | 21,58A | 115,75A | 2,80A | 8,66A | 2,02A | 69,70A | 20,95A | 0,75A | 90,42A | 28,00A | 48,75A | 94,11A | 80,83A | 1,71A | 2,88A | 21,65A |
| §P | 941,50A | 3,92 ^a | 14,17a | 927,50A | 10,42A | 6,92A | 20,67A | 117,75A | 3,72A | 8,73A | 2,23A | 66,42A | 20,51A | 0,62A | 101,07A | 29,75A | 49,75A | 91,37A | 77,42A | 1,59A | 4,35A | 26,28A |
| AM | 0,50 | 0,26 | 0,11 | 0,48 | 0,09 | 0,40 | 0,60 | 0,68 | 0,07 | 0,87 | 0,56 | 0,59 | 0,07 | 0,07 | 0,31 | 0,38 | 0,82 | 0,68 | 0,31 | 0,64 | 0,06 | 0,21 |
| ARS | 0,42 | 0,33 | 0,16 | 0,41 | 0,12 | 0,52 | 0,82 | 0,66 | 0,02* | 0,89 | 0,24 | 0,57 | 0,20 | 0,01* | 0,40 | 0,99 | 0,42 | 0,71 | 0,71 | 0,65 | 0,25 | 0,62 |
| ARS*AM | 0,99 | 0,91 | 0,74 | 0,99 | 0,57 | 0,56 | 0,59 | 0,68 | 0,98 | 0,60 | 0,49 | 0,40 | 0,28 | 0,36 | 0,63 | 0,28 | 0,65 | 0,45 | 0,42 | 0,64 | 0,65 | 0,39 |
| CV | 20,41 | 33,25 | 19,15 | 20,55 | 18,30 | 6,24 | 19,62 | 10,06 | 35,72 | 11,53 | 41,62 | 21,72 | 2,64 | 23,92 | 26,09 | 16,30 | 21,00 | 17,42 | 9,98 | 35,96 | 49,77 | 35,64 |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| §0 | 1225,00a | 8,17 ^a | 16,10a | 1208,83a | 7,93a | 7,42a | 24,00a | 136,33a | 5,08a | 6,28a | 1,97a | 77,83a | 33,67a | 0,57a | 179,45a | 26,67a | 57,33a | 117,33a | 84,83a | 5,08a | 5,15a | 19,17a |
| §100 | 1201,67a | 9,80 ^a | 21,00a | 1180,50a | 11,20a | 7,17a | 28,67a | 142,50a | 6,68ab | 7,20a | 2,13a | 78,33a | 33,50a | 0,82ab | 199,20a | 26,17a | 58,00a | 119,00a | 83,83a | 4,43a | 6,53a | 23,17a |
| §200 | 1318,33a | 9,33 ^a | 18,20a | 1300,17a | 8,87a | 7,13a | 26,00a | 140,83a | 8,72ab | 7,10a | 2,10a | 74,17a | 33,17a | 1,00b | 193,37a | 24,00a | 57,50a | 116,83a | 83,00a | 5,45a | 5,47a | 23,50a |
| §300 | 1213,33a | 12,13 ^a | 21,00a | 1192,33a | 8,87a | 7,07a | 25,17a | 135,50a | 9,92b | 7,50a | 2,03a | 66,33a | 32,50a | 1,04b | 219,93a | 25,50a | 54,83a | 109,83a | 81,33a | 3,18a | 4,10a | 23,83a |
| §A | 1213,33A | 10,03 ^a | 18,55A | 1194,75A | 8,52A | 7,23A | 24,67A | 135,75A | 7,28A | 7,01A | 2,04A | 71,42A | 33,00A | 0,94B | 185,18A | 25,08A | 55,83A | 112,50A | 83,00A | 4,87A | 3,84A | 22,00A |
| §P | 1265,83A | 9,68 ^a | 19,60A | 1246,17A | 9,92A | 7,16A | 27,25A | 141,83A | 7,93A | 7,03A | 2,08A | 76,92A | 33,42A | 0,77A | 210,79A | 26,08A | 58,00A | 119,00A | 83,50A | 4,21A | 6,78A | 22,83A |
| AM | 0,35 | 0,80 | 0,67 | 0,37 | 0,37 | 0,53 | 0,24 | 0,23 | 0,48 | 0,96 | 0,65 | 0,31 | 0,50 | 0,01* | 0,18 | 0,23 | 0,61 | 0,28 | 0,77 | 0,42 | 0,05 | 0,70 |
| ARS | 0,44 | 0,25 | 0,44 | 0,43 | 0,48 | 0,19 | 0,47 | 0,69 | 0,01* | 0,36 | 0,41 | 0,37 | 0,54 | 0,00* | 0,49 | 0,14 | 0,95 | 0,69 | 0,51 | 0,24 | 0,67 | 0,36 |
| ARS*AM | 0,99 | 0,50 | 0,15 | 0,99 | 0,05 | 0,37 | 0,77 | 0,35 | 0,87 | 0,55 | 0,46 | 0,60 | 0,66 | 0,05 | 0,07 | 0,30 | 0,99 | 0,57 | 0,57 | 0,36 | 0,79 | 0,40 |
| CV (%) | 10,84 | 33,25 | 31,31 | 11,08 | 39,85 | 3,88 | 19,88 | 8,51 | 28,86 | 16,87 | 8,67 | 17,31 | 4,41 | 17,43 | 22,69 | 7,58 | 17,73 | 12,18 | 4,84 | 42,79 | 63,39 | 22,29 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para AM.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação;

Valores expressos: mg dm⁻³, exceto MO, CTC, K⁺, Cu⁺², Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, SB, H⁺Al³⁺ expressos: mmol dm⁻¹ e CE expressa: µS cm⁻¹

Apesar de não significativo, é possível verificar, no início do ciclo, aumento nas concentrações de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ e N_{inorg} . Sampaio et al. (2010a) observaram o acúmulo de N inorgânico no solo após sucessivas aplicações de ARS ao longo do tempo. Esse comportamento também é observado para CE e V%. Oliveira (2006) descreve aumento nas concentrações de V% com a adição de ARS.

Ao final do ciclo, verifica-se aumento, porém não significativo para os valores de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, proporcional às doses de ARS, assim como ocorre para H^+Al^{3+} , CE, Cu^{+2} e K^+ . Diferente do presente estudo, Assmann et al. (2007) observaram a redução da H^+Al^{3+} conforme aumentaram as lâminas de ARS. Oliveira (2006) também observou aumento nos teores do íon Cu^{+2} em todas as camadas de solo ao aplicar água residuária da suinocultura em solo de pastagem.

Ao início do ciclo, a MO é reduzida conforme são aumentadas as doses de aplicação de ARS, assim como ocorre com a CTC, Mn^{+2} e P. Erthal et al. (2010a) também relataram a redução da MO do solo quando adicionaram água residuária da bovinocultura em relação à testemunha.

Ceretta et al. (2003) afirmam que a adição de água residuária da suinocultura reflete na grande quantidade de nutrientes ao solo, bem como no aumento dos níveis de P, Ca^{2+} e Mg^{2+} em áreas de pastagem.

Oliveira (2006), ao aplicar água residuária da suinocultura proveniente de diferentes fases do tratamento, observou, para todos os tratamentos, elevação do pH do solo em relação à testemunha. Esse resultado contrasta com o do presente estudo, no qual verificou-se redução do pH com o aumento das doses de ARS. No entanto, Queiroz et al. (2004) observaram a redução do pH com a adição de esterco líquido de suínos, cujos resultados corroboram com os encontrados no presente estudo.

A CE, no início e final do ciclo, apesar de não significativa, aumentou conforme eram aumentadas as concentrações de ARS aplicada, e também foi maior na presença de AM, diferente dos resultados encontrado por Souza e Moreira (2010), os quais verificaram menores valores de condutividade elétrica nas maiores doses de água residuária da suinocultura, e na presença de adubação química.

A maior média dos teores de Zn^{+2} no solo, apesar de não significativa, foi observada na dose de 300ARS, no início do ciclo. Tais resultados corroboram com Giroto et al. (2007), que observaram acúmulo do íon Zn^{+2} no solo, com a adição de dejetos líquidos de suínos.

Segundo os limites de 0,8 e 1,5 mg dm^{-3} , estabelecidos por Raij et al. (2001) para os íons Cu^{+2} e Zn^{+2} , respectivamente, os valores encontrados no presente estudo para ambos parâmetros excederam esses valores.

5.2.3 Parâmetros do lixiviado

Observa-se na Tabela 11 que, no início do ciclo, os parâmetros CE, K⁺, Ca²⁺, Zn²⁺, Mg²⁺, Cu²⁺ e Fe²⁺ não apresentaram diferença significativa, porém, ao final do ciclo, apenas K⁺ apresentou diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura da aveia

| Início do Ciclo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|---------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--|-----------------|------------------|
| AM e ARS | pH | CE | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cu ²⁺ | Zn ²⁺ | Fe ²⁺ | AM*ARS | NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁺ | Na ⁺ | Mn ²⁺ |
| §0 | 7,39a | 119,75a | 3,67a | 13,83a | 17,17a | ns | 0,33a | 0,33a | ¶0 A | 2,49aA | 38,67bB | 0,00aA |
| §100 | 7,19a | 107,93a | 2,50a | 14,00a | 12,83a | ns | 0,17a | 0,00a | ¶0 P | 1,71aA | 14,67aA | 0,08aB |
| §200 | 7,23a | 166,50a | 4,17a | 14,83a | 16,17a | ns | 0,17a | 0,33a | ¶100 A | 2,56aA | 13,67aA | 0,29cA |
| §300 | 7,15a | 150,95a | 4,17a | 16,00a | 18,83a | ns | 0,33a | 0,50a | ¶100 P | 3,38aA | 12,33aA | 0,26bA |
| §A | 7,38B | 110,92A | 4,17A | 11,58A | 15,83A | ns | 0,17A | 0,17A | ¶200 A | 1,83aA | 17,67aA | 0,16bA |
| §P | 7,10A | 161,65A | 3,08A | 17,75A | 16,67A | ns | 0,33A | 0,42A | ¶200 P | 3,96aA | 18,33aA | 0,31bB |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | 2,76aA | 16,00aA | 0,34cB |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | 10,02bB | 19,67aA | 0,27bA |
| AM | 0,02* | 0,07 | 0,17 | 0,10 | 0,83 | ns | 0,33 | 0,41 | AM | 0,01* | 0,10 | 0,05 |
| ARS | 0,42 | 0,38 | 0,39 | 0,97 | 0,72 | ns | 0,80 | 0,68 | ARS | 0,00* | 0,04* | 0,00* |
| ARS*AM | 0,31 | 0,87 | 0,40 | 0,49 | 0,25 | ns | 0,22 | 0,24 | ARS*AM | 0,01* | 0,02* | 0,00* |
| CV (%) | 3,62 | 46,36 | 51,04 | 58,24 | 56,87 | ns | 163,30 | 246,73 | CV (%) | 48,53 | 38,61 | 16,83 |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | |
| §0 | 7,27a | 116,12a | 1,72a | 25,72a | 10,98a | 0,13a | 0,85a | 0,69a | - | 1,17a | 7,97a | 0,28a |
| §100 | 7,09a | 100,85a | 1,95a | 20,69a | 3,58a | 0,10a | 0,98a | 0,17a | - | 1,14a | 5,79a | 0,31a |
| §200 | 7,15a | 145,45a | 1,96a | 21,22a | 11,94a | 0,05a | 0,86a | 1,18a | - | 1,09a | 11,95a | 0,34a |
| §300 | 7,13a | 118,10a | 1,70a | 23,85a | 10,45a | 0,16a | 0,71a | 0,18a | - | 1,42a | 6,01a | 0,35a |
| §A | 7,26A | 108,39A | 1,59A | 19,78A | 6,74A | 0,11A | 0,78A | 0,52a | - | 1,10A | 7,20A | 0,29A |
| §P | 7,05A | 131,87A | 2,07B | 25,96A | 11,73A | 0,11A | 0,93A | 0,59a | - | 1,30A | 8,66A | 0,35A |
| AM | 0,11 | 0,30 | 0,03* | 0,14 | 0,20 | 0,87 | 0,17 | 0,86 | - | 0,09 | 0,46 | 0,24 |
| ARS | 0,77 | 0,56 | 0,68 | 0,79 | 0,39 | 0,22 | 0,38 | 0,19 | - | 0,18 | 0,13 | 0,76 |
| ARS*AM | 0,86 | 0,75 | 0,74 | 0,65 | 0,90 | 0,78 | 0,82 | 0,92 | - | 0,08 | 0,62 | 0,06 |
| CV (%) | 4,23 | 44,85 | 26,57 | 42,86 | 97,17 | 80,61 | 30,19 | 158,63 | - | 21,90 | 58,82 | 37,87 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação; ns: valores não significativos. Nutrientes expressos: mg L⁻¹; CE expresso em µS cm⁻¹

O pH teve diferença significativa para o fator AM, sendo menor na presença do mesmo. Apesar de não ser significativo para ARS, é possível inferir que o pH reduziu conforme o aumento das doses de ARS, em ambos os períodos. Maggi et al. (2011) não observaram diferença no pH em relação às diferentes doses de ARS.

Ao início do ciclo, observa-se interação significativa para NO₃⁻+NO₂⁻ e Na⁺. Em NO₃⁻+NO₂⁻, os valores são maiores nas maiores doses de ARS, assim como na presença de AM. Estes resultados foram encontrados também por Anami et al. (2007) que afirmam que o nitrato possui elevado potencial de contaminação das águas subterrâneas, decorrente do rápido deslocamento no perfil do solo. Caovilla et al. (2005), ao avaliarem a aplicação de ARS em colunas de solo, observaram que o nitrato lixiviou mais do que os outros nutrientes. A lixiviação de nitrato também foi observada por Aita, Port e Giacomini (2006), os quais avaliaram a dinâmica do nitrogênio no solo sob aplicação de ARS.

O íon Na^+ apresentou maior média na ausência de ARS e AM. A baixa percolação do íon Na^+ reflete em elevadas concentrações no solo, onde os maiores valores são proporcionais às doses aplicadas de ARS, como discutido anteriormente. Aguiar et al. (2006) descreveram maiores doses de percolação de Na^+ com a utilização de esterco bovino em um argissolo acinzentado.

Ao final do ciclo, verifica-se resultado significativo em K^+ para o fator AM, cuja presença resultou no maior valor de K^+ no lixiviado.

O íon Mn^{+2} obteve interação significativa e a maior média foi encontrada na maior dose de aplicação de ARS, na ausência de AM. Esse fato é evidenciado quando se observam os valores de Mn^{+2} no solo (Tabela 10) e verifica-se que esses não variam de acordo com as doses de ARS, ou seja, como o Mn^{+2} percolou, não é evidenciado o acúmulo do mesmo no solo.

Observa-se que a lixiviação de íons Cu^{+2} e Zn^{+2} foi relativamente baixa. Soares e Barros (2003) afirmam que solos argilosos são os responsáveis pela menor dose de percolação desses elementos, quando comparados com outros tipos de solos. Bertol et al. (2010) consideram que houve baixa mobilidade do Cu^{+2} e Zn^{+2} no perfil do solo devido à elevada reatividade desses elementos com os argilo-minerais do solo e também à elevada CTC. Berenguer et al. (2008) relatam ainda que, possivelmente, os íons Cu^{+2} e Zn^{+2} , em grande parte, encontram-se imobilizados nas frações orgânicas do dejetos de suíno e do solo. Portanto, segundo Bertol et al. (2010), esses metais movem-se mais pela superfície.

Os valores de K^+ , Ca^{2+} e Fe^{+2} , no início do ciclo, apesar de não significativos, foram maiores para as maiores doses de ARS. Paglia et al. (2007) observaram em estudo que houve lixiviação dos íons K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} nos primeiros lixiviados, após aplicação de lodo de esgoto. Maggi et al. (2011) observaram que, com o aumento na lâmina de ARS aplicada, os valores de K^+ e Ca^{2+} também aumentaram.

De acordo com a Resolução do CONAMA 396/2008 (Brasil, 2008), que admite limites máximos para águas subterrâneas 50, 100, 25, 300, 20, 1000 e 100 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , NO_2^- , NO_3^- , Na^+ e Zn^{+2} , respectivamente; no presente estudo, todos esses parâmetros excederam esses limites, evidenciando, portanto, contaminação para tal classe de água.

5.3 Soja

5.3.1 Parâmetros agronômicos

Observa-se na Tabela 12 que os parâmetros Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Ca^{2+} e P não obtiveram diferença significativa no teste de comparação de médias, apesar da ARS e AM serem aplicadas por longo prazo.

Verifica-se também que houve diferença significativa em S para o fator AM e que o maior valor foi obtido na presença de AM.

Tabela 12 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros agronômicos da cultura da soja

| AM e ARS | Cu^{+2} | Fe^{+2} | S | Mn^{+2} | K^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} | P | A.P. | AM*ARS | N | Zn^{+2} |
|----------|------------------|------------------|-------|------------------|--------------|------------------|------------------|-------|---------|--------|----------|------------------|
| §0 | 12,10a | 295,11a | 1,17a | 34,51a | 6,64a | 6,56a | 4,45b | 1,79a | 63,39a | ¶0 A | 27,87abA | 14,2aA |
| §100 | 11,97a | 165,62a | 1,10a | 33,18a | 7,80a | 5,98a | 3,81a | 1,96a | 66,67ab | ¶0 P | 23,98aA | 15,25aA |
| §200 | 12,46a | 136,95a | 1,23a | 28,76a | 9,88b | 6,86a | 4,26ab | 2,07a | 76,23b | ¶100 A | 27,87abA | 18,41abA |
| §300 | 11,73a | 166,20a | 1,11a | 26,70a | 10,38b | 6,18a | 4,14ab | 2,12a | 77,39b | ¶100 P | 27,87aA | 23,84bB |
| §A | 11,98A | 183,10A | 1,05A | 28,17A | 7,71A | 6,49A | 4,39B | 1,88A | 69,75A | ¶200 A | 32,19bA | 23,08bA |
| §P | 12,16A | 198,84A | 1,26B | 33,41A | 9,63B | 6,30A | 3,94A | 2,09A | 72,08A | ¶200 P | 26,57aA | 17,65abB |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | 22,69aA | 21,06abA |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | 31,76aB | 23,08bA |
| AM | 0,72 | 0,80 | 0,00* | 0,39 | 0,00* | 0,45 | 0,01* | 0,13 | 0,41 | AM | 0,95 | 0,53 |
| ARS | 0,77 | 0,31 | 0,40 | 0,76 | 0,00* | 0,10 | 0,04* | 0,34 | 0,01* | ARS | 0,49 | 0,00* |
| ARS*AM | 0,47 | 0,87 | 0,20 | 0,97 | 0,19 | 0,14 | 0,35 | 0,45 | 0,45 | ARS*AM | 0,02* | 0,04* |
| CV (%) | 10,08 | 79,03 | 12,21 | 46,43 | 8,58 | 9,39 | 8,43 | 16,60 | 9,48 | CV (%) | 13,90 | 14,88 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação; Macronutrientes expressos: g kg^{-1} ; Micronutrientes expressos: mg kg^{-1} ; AP expresso: cm.

No parâmetro K^+ , foi verificada diferença significativa para ARS e AM e os maiores valores foram registrados nas maiores doses quando da aplicação de ARS e na presença de AM. Resultados semelhantes também foram observados por Costa et al. (2001) com lodo de curtume e Corrêa et al. (2008), com lodo de esgoto e de biodigestor, os quais encontraram maiores teores foliares de K^+ em soja.

Observa-se significância tanto para o íon Mg^{2+} como para os fatores ARS e AM, porém com comportamento inverso à aplicação de ARS e AM. Os maiores valores observados em 0ARS e na ausência de AM foram diferentes dos encontrados por Costa et al. (2001), os quais observaram aumento de Mg^{2+} quando aplicaram diferentes adubos orgânicos.

Em AP, foi observada significância para o fator ARS, cujo maior valor foi encontrado em 300ARS. Isso indica que a utilização do resíduo beneficiou o crescimento da planta.

Verificou-se interação significativa em N com as maiores quantidades observadas nas parcelas que receberam maiores doses de ARS e AM. Corrêa et al. (2008) encontraram maiores teores foliares de N com a aplicação de resíduos orgânico, assim como Costa et al. (2001).

Também foi observada interação significativa para Zn^{+2} , cuja maior média foi verificada na dose de 100ARS na presença da adubação mineral, que diferiu estatisticamente apenas de 0ARS-P. Apesar de não encontrar diferença significativa, Techio et al. (2009) observaram que com a adição de dejetos líquido suíno, foram supridas as deficiências de Zn^{+2} na planta da soja.

Os parâmetros K^+ e Mg^{2+} foram os únicos que apresentaram significância para ambos os fatores (ARS e AM). Todavia, o S apresentou significância apenas para AM; e AP apenas para ARS. Os parâmetros que obtiveram interação significativa foram N e Zn^{+2} .

De acordo com Malavolta (2006), os parâmetros S, K^+ , P, N têm como limites mínimos ideais 2,5, 17, 2,6 e 45 g kg^{-1} para o desenvolvimento perfeito da cultura da soja. No entanto, no presente trabalho, esses valores não foram atingidos. A deficiência de N provavelmente se deve à rápida nitrificação do N amoniacal presente na ARS, à sua baixa adsorção em relação aos colóides e conseqüentemente, lixiviação no perfil do solo, logo, não fica disponível às raízes (Marques, 2005).

5.3.2 Parâmetros do solo

Mesmo com aplicação dos mesmos tratamentos em longo prazo, ao se observar a Tabela 13, não há significância, no início do ciclo, para os seguintes parâmetros N, $NO_3^- + NO_2^-$, N_{inorg} , N_{org} , NH_4^+ , pH, MO, CTC, Cu^{+2} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CE, Fe^{+2} , Mn^{+2} , SB, V%, m%, P e H^+Al^{3+} . Ao final do ciclo, os parâmetros que não apresentaram valores significativos foram: N, N_{inorg} , N_{org} , NH_4^+ , pH, MO, CTC, Cu^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CE, Fe^{+2} , Mn^{+2} , SB, V%, m% e H^+Al^{3+} .

De forma geral, observa-se incremento de $NO_3^- + NO_2^-$ no solo, nas maiores doses aplicadas de ARS, ainda que não significativo no início e final do ciclo.

Foi observado efeito positivo em K^+ , no início e final do ciclo, com o aumento das doses de aplicação de ARS, o que corrobora com resultados encontrados por Caovilla et al. (2010) e Smanhotto (2008). Queiroz et al. (2004), ao avaliarem o efeito da aplicação de esterco suíno no plantio de forrageiras, também observaram o acúmulo de K^+ no solo, assim como Assmann et al. (2009) constataram o acréscimo nos valores de K^+ com a adição de dejetos líquido suíno.

Tabela 13 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do solo ao início e final da cultura da Soja

| AM e ARS | Início do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|---|--------------------|------------------|------------------------------|-------|--------|---------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------|------------------|------------------|---------|--------|--------|--------|---------------------------------|
| | N | NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ | N _{inorg} | N _{org} | NH ₄ ⁺ | pH | MO | CTC | K ⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | CE | Fe ⁺² | Mn ⁺² | SB | V% | m% | P | H ⁺ Al ³⁺ |
| § 0 | 1225,00a | 8,17a | 16,10a | 1208,83a | 7,93a | 7,42a | 24,00a | 136,33a | 5,08a | 6,28a | 1,97a | 77,83a | 33,67a | 0,57a | 179,45a | 26,67a | 57,33a | 117,33a | 84,83a | 5,08a | 5,15a | 19,17a |
| § 100 | 1201,67a | 9,80a | 21,00a | 1180,50a | 11,20a | 7,17a | 28,67a | 142,50a | 6,68ab | 7,20a | 2,13a | 78,33a | 33,50a | 0,82ab | 199,20a | 26,17a | 58,00a | 119,00a | 83,83a | 4,43a | 6,53a | 23,17a |
| § 200 | 1318,33a | 9,33a | 18,20a | 1300,17a | 8,87a | 7,13a | 26,00a | 140,83a | 8,72ab | 7,10a | 2,10a | 74,17a | 33,17a | 1,00b | 193,37a | 24,00a | 57,50a | 116,83a | 83,00a | 5,45a | 5,47a | 23,50a |
| § 300 | 1213,33a | 12,13a | 21,00a | 1192,33a | 8,87a | 7,07a | 25,17a | 135,50a | 9,92b | 7,50a | 2,03a | 66,33a | 32,50a | 1,04b | 219,93a | 25,50a | 54,83a | 109,83a | 81,33a | 3,18a | 4,10a | 23,83a |
| § A | 1213,33A | 10,03A | 18,55A | 1194,75A | 8,52A | 7,23A | 24,67A | 135,75A | 7,28A | 7,01A | 2,04A | 71,42A | 33,00A | 0,94B | 185,18A | 25,08A | 55,83A | 112,50A | 83,00A | 4,87A | 3,84A | 22,00A |
| § P | 1265,83A | 9,68A | 19,60A | 1246,17A | 9,92A | 7,16A | 27,25A | 141,83A | 7,93A | 7,03A | 2,08A | 76,92A | 33,42A | 0,77A | 210,79A | 26,08A | 58,00A | 119,00A | 83,50A | 4,21A | 6,78A | 22,83A |
| AM | 0,35 | 0,80 | 0,67 | 0,37 | 0,37 | 0,53 | 0,24 | 0,23 | 0,48 | 0,96 | 0,65 | 0,31 | 0,50 | 0,01* | 0,18 | 0,23 | 0,61 | 0,28 | 0,77 | 0,42 | 0,05 | 0,70 |
| ARS | 0,44 | 0,25 | 0,44 | 0,43 | 0,48 | 0,19 | 0,47 | 0,69 | 0,01* | 0,36 | 0,41 | 0,37 | 0,54 | 0,00* | 0,49 | 0,14 | 0,95 | 0,69 | 0,51 | 0,24 | 0,67 | 0,36 |
| ARS*AM | 0,99 | 0,50 | 0,15 | 0,99 | 0,05 | 0,37 | 0,77 | 0,35 | 0,87 | 0,55 | 0,46 | 0,60 | 0,66 | 0,05 | 0,07 | 0,30 | 0,99 | 0,57 | 0,57 | 0,36 | 0,79 | 0,40 |
| CV | 10,84 | 33,25 | 31,31 | 11,08 | 39,85 | 3,88 | 19,88 | 8,51 | 28,86 | 16,87 | 8,67 | 17,31 | 4,41 | 17,43 | 22,69 | 7,58 | 17,73 | 12,18 | 4,84 | 42,79 | 63,39 | 22,29 |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| § 0 | 886,67a | 9,05a | 20,47a | 866,30a | 11,42a | 7,42a | 27,17a | 124,33a | 3,15a | 5,50a | 3,07a | 69,83a | 35,67a | 0,17a | 74,92a | 30,83a | 48,83a | 108,77a | 87,17a | 0,25a | 6,42a | 15,72a |
| § 100 | 1061,67a | 8,78a | 19,85a | 1041,85a | 11,13a | 7,33a | 24,67a | 123,17a | 3,86ab | 6,03a | 4,15a | 64,17a | 32,00a | 0,45ab | 72,54a | 34,17a | 51,17a | 100,37a | 86,00a | 0,40a | 4,72a | 19,60a |
| § 200 | 1190,00a | 9,05a | 20,17a | 1169,92a | 11,13a | 7,10a | 28,33a | 134,83a | 5,54ab | 6,22a | 5,88ab | 67,33a | 30,50a | 0,48ab | 80,55a | 31,50a | 50,83a | 103,92a | 85,33a | 0,17a | 12,30a | 20,85a |
| § 300 | 1143,33a | 8,17a | 16,38a | 1127,05a | 8,22a | 7,00a | 27,33a | 123,50a | 6,58b | 6,37a | 7,63b | 62,17a | 33,50a | 0,83b | 61,99a | 32,00a | 53,83a | 103,10a | 83,00a | 0,97a | 9,40a | 20,48a |
| § A | 1079,17A | 8,03A | 18,42A | 1060,83A | 10,40A | 7,21A | 27,00A | 123,83A | 3,99A | 5,91A | 4,63A | 66,17A | 34,50A | 0,47A | 68,97A | 31,67A | 52,92A | 105,22A | 84,58A | 0,45A | 3,87A | 18,68A |
| § P | 1061,67A | 9,49B | 20,02A | 1041,73A | 10,55A | 7,22A | 26,75A | 129,08A | 5,57B | 6,15A | 5,74A | 65,58A | 31,33A | 0,49A | 76,02A | 32,58A | 49,42A | 102,86A | 86,17A | 0,44A | 12,55B | 19,64A |
| AM | 0,88 | 0,03* | 0,27 | 0,86 | 0,91 | 0,95 | 0,88 | 0,39 | 0,05* | 0,48 | 0,20 | 0,90 | 0,22 | 0,89 | 0,31 | 0,70 | 0,55 | 0,71 | 0,41 | 0,97 | 0,01* | 0,56 |
| ARS | 0,26 | 0,69 | 0,18 | 0,26 | 0,28 | 0,06 | 0,42 | 0,47 | 0,02* | 0,31 | 0,01* | 0,64 | 0,51 | 0,00* | 0,29 | 0,77 | 0,94 | 0,82 | 0,48 | 0,09 | 0,35 | 0,14 |
| ARS*AM | 0,85 | 0,22 | 0,34 | 0,84 | 0,59 | 0,27 | 0,69 | 0,48 | 0,84 | 0,64 | 0,67 | 0,18 | 0,40 | 0,74 | 0,79 | 0,55 | 0,94 | 0,24 | 0,32 | 0,21 | 0,32 | 0,07 |
| CV (%) | 25,02 | 16,53 | 17,81 | 25,54 | 29,54 | 3,75 | 14,24 | 11,44 | 37,97 | 13,39 | 39,59 | 16,67 | 18,18 | 50,69 | 22,44 | 17,90 | 27,38 | 14,85 | 5,41 | 120,33 | 91,89 | 20,46 |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para AM.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação;

Valores expressos: mg dm⁻³, exceto MO, CTC, K⁺, Cu⁺², Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, SB, H⁺Al³⁺ expressos: mmol dm⁻¹ e CE expressa: µS cm⁻¹

Ao final do ciclo, verifica-se o acúmulo significativo de Zn^{+2} com a adição de ARS, fato também constatado por Dal Bosco et al. (2008) e Smanhotto (2008) que evidenciaram o aumento nos valores de Zn^{+2} em solo cultivado com soja. Vale ressaltar que os teores de Zn^{+2} encontrados neste experimento são considerados elevados segundo Raij et al. (2001), que consideram o limite de $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$. O aumento na concentração do Zn^{+2} no solo deve-se à adsorção com a fração orgânica, além de ser temporariamente imobilizado pela microbiota do solo (Paganini et al., 2004).

Foi verificada significância para ambos os fatores em Na^+ tanto no início como no final do ciclo, apenas para ARS em que para ambos as maiores médias foram verificadas nas maiores doses de ARS aplicadas. Porém, para AM, o maior valor foi encontrado na ausência de AM, ao início do ciclo.

Freitas et al. (2005) também observaram aumento de Na^+ em seu experimento ao aplicarem ARS em solo cultivado com milho.

Para o fósforo (P), os valores significativos foram observados apenas ao final do ciclo e em AM, cujo maior valor ocorreu na presença dessa adubação. Porém, para ARS, a maior média foi verificada ao final do ciclo, que apesar de não significativa, é visivelmente maior que as demais a 200ARS. Tais dados corroboram com os resultados obtidos por Galvão et al. (2008) e Doblinski et al. (2010) que relataram o acúmulo de P na superfície do solo com a adição ARS.

Diferente do resultado encontrado por Smanhotto (2008), que observou redução do Cu^{+2} conforme aumento da concentração de ARS, no presente estudo foi possível observar elevação do metal pesado com a adição da ARS. Entretanto, mesmo para a testemunha, verifica-se que os níveis de Cu^{+2} no solo são elevados, considerando os limites estabelecidos por Raij et al. (2001) que são de $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$. Dentre os metais pesados, o Cu^{+2} apresenta a menor mobilidade, visto que é adsorvido pelos coloides presentes no solo e forma complexos estáveis, os quais evitam sua percolação no perfil do solo. Giroto et al. (2010) observaram o acúmulo de Cu^{+2} e Zn^{+2} após sete anos de aplicação de ARS no solo.

O Fe^{+2} e Zn^+ também excederam os limites de 30 e $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, preconizados por Raij et al. (2001).

5.3.3 Parâmetros do lixiviado

Conforme Tabela 14, verifica-se que os parâmetros que não obtiveram valores significativos no lixiviado ao início do ciclo foram pH, CE, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^+ , Cu^{+2} e Zn^{+2} . Ao final, não foi possível verificar diferença significativa em relação aos seguintes parâmetros: pH, $NO_3^-+NO_2^-$, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} e Fe^{+2} .

Tabela 14 Análise de variância (F) e teste de médias para os parâmetros do lixiviado ao início e final da cultura da soja

| AM e ARS | Início do Ciclo | | | | | | | | | | | AM*ARS | Fe ⁺² |
|----------------|-----------------|---------|--|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|-------------------|------------------|
| | pH | CE | NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cu ⁺² | Zn ⁺² | Mn ⁺² | | | |
| §0 | 7,16a | 150,13a | 1,67a | 2,49a | 11,45a | 33,63a | 14,17a | ns | 0,96a | 0,13ab | ¶0 A | 0,51aB | |
| §100 | 6,82a | 170,10a | 3,19a | 3,10a | 17,40a | 36,24a | 15,88a | ns | 0,85a | 0,10a | ¶0 P | 0,08aA | |
| §200 | 6,92a | 230,03a | 8,04b | 2,83a | 12,24a | 44,91a | 16,44a | ns | 0,88a | 0,28b | ¶100 A | 0,31aA | |
| §300 | 7,01a | 279,55a | 11,79c | 2,29a | 18,25a | 45,87a | 18,39a | ns | 0,97a | 0,17ab | ¶100 P | 0,35aA | |
| §A | 7,07A | 197,71A | 5,96A | 2,65A | 15,16A | 40,30A | 16,27A | ns | 0,98A | 0,15A | ¶200 A | 3,11cA | |
| §P | 6,88A | 217,20A | 6,38A | 2,71A | 14,51A | 40,03A | 16,17A | ns | 0,85A | 0,18A | ¶200 P | 3,03bA | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 A | 2,38bB | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ¶300 P | 0,22aA | |
| AM | 0,14 | 0,57 | 0,61 | 0,83 | 0,84 | 0,97 | 0,96 | ns | 0,16 | 0,43 | AM | 0,00* | |
| ARS | 0,27 | 0,06 | 0,00* | 0,26 | 0,37 | 0,60 | 0,54 | ns | 0,75 | 0,05* | ARS | 0,00* | |
| ARS*AM | 0,69 | 0,99 | 0,37 | 0,48 | 0,81 | 0,63 | 0,69 | ns | 0,92 | 0,64 | ARS*AM | 0,00* | |
| CV (%) | 4,20 | 39,44 | 31,53 | 26,92 | 54,20 | 46,88 | 30,22 | ns | 23,99 | 63,74 | CV (%) | 15,17 | |
| Final do Ciclo | | | | | | | | | | | | | |
| §0 | 6,17a | 91,50a | 2,17a | 34,83a | 19,83a | 35,00a | 8,33a | 0,15a | 0,73a | 0,24a | - | 0,43 ^a | |
| §100 | 6,00a | 96,50a | 2,00a | 36,33a | 18,50a | 29,83a | 7,67a | 0,28a | 0,71a | 0,25a | - | 0,46 ^a | |
| §200 | 6,17a | 132,17a | 2,50a | 45,33a | 29,83a | 29,00a | 8,67a | 0,26a | 0,40a | 0,28a | - | 0,55 ^a | |
| §300 | 6,33a | 129,00a | 3,17a | 38,50a | 24,83a | 35,83a | 9,00a | 0,21a | 0,66a | 0,34a | - | 0,49 ^a | |
| §A | 6,25A | 92,08A | 2,67A | 36,17A | 21,67A | 33,92A | 8,7A | 0,19A | 0,70A | 0,28A | - | 0,45 ^a | |
| §P | 6,08A | 132,50B | 2,25A | 41,33A | 24,83A | 30,92A | 8,08A | 0,26A | 0,55A | 0,28A | - | 0,52 ^a | |
| AM | 0,31 | 0,03* | 0,52 | 0,09 | 0,48 | 0,50 | 0,84 | 0,44 | 0,40 | 1,00 | - | 0,65 | |
| ARS | 0,54 | 0,24 | 0,59 | 0,09 | 0,29 | 0,60 | 0,99 | 0,70 | 0,53 | 0,49 | - | 0,93 | |
| ARS*AM | 0,77 | 0,89 | 0,89 | 0,53 | 0,08 | 0,89 | 0,54 | 0,95 | 0,57 | 0,55 | - | 0,58 | |
| CV (%) | 6,26 | 36,97 | 63,47 | 18,15 | 46,07 | 33,03 | 95,49 | 89,49 | 67,80 | 42,58 | - | 69,22 | |

§ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para ARS e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao teste Tukey a 5% de significância para AM.

¶ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento ARS dentro de AM e médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância para o desdobramento AM dentro de ARS.

A: ausência de AM; P: presença de AM; *: Significativo a 5%; CV: coeficiente de variação; ns: valores não significativos. Nutrientes expressos: mg L⁻¹; CE expresso: µS cm⁻¹

A CE sofreu grande influência com o aumento da aplicação de ARS, apesar da significância ter ocorrido apenas para o fator AM ao final do ciclo, sendo observado o mesmo efeito no cultivo da soja por Caovilla et al. (2005).

Verificou-se que, ao início do ciclo NO₃⁻ + NO₂⁻, houve diferença significativa, com valores crescentes de acordo com o aumento nas doses de ARS, reafirmando os resultados encontrados por Smanhotto (2008). Santos (2010) também verificou percolação NO₃⁻+NO₂⁻ quando aplicou ARS na superfície do solo. A nitrificação do N amoniacal contido no efluente aplicado e a baixa adsorção do mesmo no solo são as principais causas de perdas de N por lixiviação, principalmente ao início do desenvolvimento da cultura, quando o sistema radicular ainda encontra-se pouco apto à absorção de nutrientes (Marques, 2005). O nitrato não é absorvido pelas raízes das culturas, nem imobilizado por microrganismos presentes no solo, nem adsorvido aos colóides nele contido e, por apresentar carga negativa, percola facilmente no perfil do solo (Primavessi et al., 2006; Rossi et al., 2007).

Valores significativos também foram verificados em Mn⁺², cujo maior valor foi observado na dose de 200ARS.

Tanto no início quanto ao final do ciclo e, apesar de não significativo, houve aumento dos íons Ca²⁺ e Mg²⁺ conforme o aumento das doses de ARS aplicadas. Esses resultados contrastam com os encontrados por Caovilla et al. (2010), que não observaram a percolação

desses elementos. O fato se deve ao presente experimento ter recebido mais aplicações de ARS durante o tempo, o que certamente ocasionou o acúmulo de tais nutrientes no solo e posterior lixiviação. Por outro lado, Maggi et al. (2011) encontraram diferença significativa nos valores de Ca^{2+} do percolado nas diferentes doses de ARS aplicadas em solo cultivado com soja.

Foi verificada percolação de Na^+ nas maiores doses de ARS em ambos os períodos, resultados confirmados por Caovilla et al. (2005) e também por Ribeiro e Galbiatti (2004), que verificaram o grande potencial de lixiviação do Na^+ com aplicação de diversos tipos de resíduos e efluentes.

No início da cultura, verifica-se interação significativa entre AM x ARS no Fe^{+2} encontrado no material percolado, e as maiores doses foram verificadas em 200ARS, porém, AM teve pouco efeito, cujos maiores valores ainda foram observados em sua ausência.

De acordo com a Resolução do CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008), os parâmetros Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , NO^{2-} , NO^{3-} , Na^+ e Zn^{+2} , excederam os limites previstos para águas subterrâneas, que são, respectivamente de 50, 100, 25, 300, 20, 1000 e 100 $\mu\text{g L}^{-1}$. Isso demonstra contaminação dos lençóis subsuperficiais. As elevadas concentrações de Cu^{+2} , Fe^{+2} e Zn^{+2} ocorreram em consequência do acúmulo desses nutrientes no solo, os quais excedem os limites máximos previstos, como discutido anteriormente. Elevadas concentrações de Na^+ no solo, de acordo com as doses de ARS, também são evidenciadas, logo, justificam-se também os elevados valores presentes no material percolado.

6 CONCLUSÕES

Após seis aplicações contínuas de águas residuárias da suinocultura tratadas em biodigestor e lagoa de estabilização, durante três anos consecutivos, na sucessão de culturas (milho, soja, aveia, soja, milho e minimilho), pode-se concluir que:

- Na cultura do milho, após uma aplicação de água residuária da suinocultura tratada em biodigestor, a água residuária da suinocultura pode ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo, desde que o fósforo e o manganês sejam complementados com adubação específica. Cuidado especial deve ser dado ao acúmulo de ferro, cobre e zinco no solo. Deve-se atentar também para os níveis de cobre, ferro, manganês, nitrato + nitrito, sódio e zinco no material percolado;
- Na cultura da aveia, após duas aplicações com água residuária da suinocultura tratada em biodigestor, essa pôde ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo, desde que o fósforo, o nitrogênio e o enxofre fossem complementados com adubação específica. Deve-se ter atenção com o acúmulo de cobre e zinco no solo e com a lixiviação de cobre, ferro, manganês, nitrato+nitrito, sódio e zinco;
- Na cultura da soja, após três aplicações de água residuária da suinocultura tratada em biodigestor, a mesma pôde ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo para o cultivo da soja, desde que o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o enxofre sejam complementados com adubação específica. Deve-se ter atenção com o acúmulo de ferro, cobre e zinco no solo. Considerando o lixiviado, deve-se ter maior atenção à percolação de cobre, ferro, manganês, nitrato+nitrito, sódio e zinco.

REFERÊNCIAS

- ABIPECS. Associação brasileira da indústria produtora e exportadora de carne suína. **Produção mundial de carne suína**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>>. Acesso em: 07 mai. 2012.
- ABOUKHALED, A.; ALFARO, J.F.; SMITH, M. **Los Lisímetros**. Roma, 1986. 60p.
- AGUIAR, M.I.; LOURENÇO, I.P.; OLIVEIRA, T.S.; LACERDA, N.B. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.811–819, 2006.
- AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S.J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.901-910, 2006.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2101-2111, 2008.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.
- AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, 2005.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. New York: American Public Health Association, 1995. p.1193.
- ANAMI, M.H, SAMPAIO, S.C., SUSZEK, M., FRIGO, E.P. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. **Revista Irriga**, Botucatu, v.12, n.2, p.192-201, 2007.
- ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.75-80, 2008.
- ARAÚJO, I.S.; DORTZBACH, D.; PANDOLFO, C., VEIGA, M. **Avaliação dos teores de nutrientes e matéria seca de aveia preta em função da aplicação de dejetos líquidos de suíno**. In: XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, 2010.
- ARNS, A.P. **Eficiência fertilizante da cama sobreposta de suíno**. 2004. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Passo Fundo – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.
- ASSMANN, T.S.; ASSMANN, J.M.; CASSOL, L.C.; DIEHL, R.C.; MANTELI, C.; MAGIERO, E.C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1515-1523, 2007.

- ASSMANN, J.M.; BRAIDALL, J.A.; CASSOL, L.C.; MAGIEROL, E.C.; MANTELI, C.; GRIZ, E. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suíno. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2408-2416, 2009.
- BASSO, C.J. CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suíno: II perdas por nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1234-1242. 2005.
- BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R.; VILAS BOAS, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, 2007.
- BERENQUER, P.; CELA, S.; SANTIVERI, F.; BOIXADER, J.; LLOVERAS, J. Copper and zinc soil accumulation and plant concentration in irrigated maize fertilized with liquid swine manure. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p.1056-1061, 2008.
- BERTOL, O.J.; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVOTANTI, O.J.; RIZZI, N.E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1841-1850, 2010.
- 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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2525-2532, 2008.
- BUCLE, K.E.; MOHR, R.M.; THERRIEN, M.C. Yield and quality of oat in response to varying rates of swine slurry. **Canadian Journal of Plant Science**, Canada, p.645-653, 2010.
- BÜLL, L. T. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993.
- CABRAL, J.R.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A.S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.823-831, 2011.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.; PASINI, J.J. (Eds.) **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. p.55-73.
- CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H. Aveia e centeio. In: Van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. (Boletim Técnico, 100). Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.52-53
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L. **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2008. p.6-55.
- CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; PEREIRA, J.O.; VILAS BOAS, M.A.; GOMES, B.M.; FIGUEIREDO, A. de C. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivados com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.283-287, 2005.
- CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; SMANHOTTO, A.; NOBREGA, L.H. QUEIROZ, M.H.F. GOMES, B.M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água

residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.692–697, 2010.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; ROTILI, E.A.; ALMEIRA, P.B. Agronomic efficiency of nitrogen use in corn genotypes and correlation with agronomic traits. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v.3, n.1, p.68-73, 2012.

CASSOL, L.C.; SILVA, L.H.R. da; BORTOLINI, D; ROCHA, K.F. **Utilização do nabo forrageiro e da aveia preta intercalares ao cultivo do milho e do trigo no sudoeste do Paraná**. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Guarapari, 2010.

CAVANAGH, A.; GASSER, M.O.; LABRECQUE, M. Pig slurry as fertilizer on willow plantation. **Biomass and Bioenergy**, Meston Walk, v.30, p.1-9, 2011.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; PAVINATO, P.S.; TRENTIN, E.E.; GIOTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1287-1295, 2005.

CESARINO, R. de O. **Milho fertirrigado com dejetos de suínos para ensilagem**. 2006, 52f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS.

CIANCIO, N.H.R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. 2010. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Cultivo do milho: Nutrição e adubação. **Comunicado Técnico**. Sete Lagoas, n.44, 2002.

COELHO, A.M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 96).

COELHO, A.M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, cap.6, p.131-157, 2008.

COELHO, H.A.; GRASSI FILHO, H.; BARBOSA, R.D.; ROMEIRO, J.C.; POMPERMAYER, G.V.; LOBO, T.F. Eficiência agrônômica da aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.11, p.73-78, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2010. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 08 mai. 2012.

CONAB. **Indicadores agropecuários: Quadro de suprimentos: oferta e demanda**. [Brasília, DF], 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/indicadores/0301_Oferta_e_demanda_brasileira.pdf> Acesso em: 03 mai. 2012.

COSTA, C.N.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; KONRAD, E.E.; PASSIANOTO, C.C.; RODRIGUES, C.G. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações

químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, p.189-191, 2001.

CORRÊA, J.C.; BÜLL, L.T.; PAGANINI, W.S.; GUERRINI, I.A. Disponibilidade de metais pesados em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.411-419, 2008.

DAL BOSCO, T.C. **Poluição difusa decorrente da aplicação de água residuária da suinocultura em solo cultivado com soja sob condições de chuva simulada**. 2007. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

DAL BOSCO, T.C.; IOST, C.; SILVA, L.N.; CARNELLOSI, C.F.; EBERT, D.C.; SCHREINER, J.S.; SAMPAIO, S.C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Revista Irriga**, Botucatu, v.13, p.139-144, 2008.

DIETER, J. **Poluição difusa por fósforo devido a aplicação de água residuária da suinocultura sob condição de chuva simulada**. 2009. 51f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

DOBLINSKI, A.F.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, V.R.; NÓBREGA, L.H.P.; GOMES, S.D.; DAL BOSCO, T.C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.87–93, 2010.

DORTZBACH, D.; LÉIS, C.M.; SARTOR, L.R.; COMIN, J. Acúmulo de fósforo e potássio em solo adubado com dejetos suínos cultivado com milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v.4, n.2, p.2847-2849, 2009.

DRUMOND, L.C.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; FERNANDES, A.L.T.; SOUZA, G.F.; APONTE, J.E.E. Avaliação da produção de tifton 85 com aplicação de água residuária de suinocultura. **FAZU em Revista**, Uberaba, v.3, p.9-14, 2006.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.161-171, 2008.

DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C.; MATTOS, M.J. **Sistema de produção de milho e sorgo**. Sete Lagoas, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2 ed. Brasília, 1996. 204p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2005**. Londrina, 2004. 242p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja - Paraná 2007**. Londrina, 2006. 200p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção da soja – Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2011. 262p.

ERTHAL, V.J.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.467–477, 2010a.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; PEREIRA, O.G.; MATOS, A.T. de. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.458–466, 2010b.

EVANYLO, G.; SHERONY, C.; SPARGO, J.; STARNER, D.; BROSIUS, K.H. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zürich, v.127, p.50-58, 2008.

FALEIROS, L.F.; NOGUEIRA, R.G.S.; NOBILE, F.O.; GALBIATTI, J.A.; FERREIRA, M.M.; CORDIDO, J.P.B.R. Desenvolvimento do milho em solo adubado com biofertilizante de esterco bovino. **Associação Brasileira de Zootecnistas**, Águas de Lindóia, v.18, n.22, 2009.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.1, p. 63-70, 2012.

FAVERA, D.D.; GULART, C.; DEBONA, D.; MADALOSSO, M.C.; DEBORTOLI, M.P.; BALARDIN, R.S. Controle químico de doenças na cultura da aveia. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.16, n.1, p.42-51. 2009.

FEY, R.; LANA, M.C.; ZOZ, T.; RICHARD, A.; LUCHESE, E.B. Relações entre lixiviação de nitrato e produção de biomassa do milho com dejetos suínos provenientes de diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.2, p.212-218, 2010.

FERREIRA, D.F. **SisVar versão 4.2**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; CECON, P. R.; PINTO, F. A.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p.95-102, 2005.

GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H.; OLIVEIRA, F.F.de. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.99-105, 2008.

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

GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; LOURENZI, C.R.; VIEIRA, R.C.B.; LORENSINI, F.; TRENTIN, E.E. **Acúmulo de cobre e zinco no solo após sucessivas**

aplicações de dejetos líquidos de suínos. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, 2007.

GIROTTI, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C.R. ; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B.; 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**, Viçosa, v.34, p.955-965, 2010.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.3, p.931-938, 2007.

GONÇALVES, R.A.B.; FOLEGATTI, M.V.; GLOAGUEN, T.V.; LIBARDI, P.L. MONTES, C.R.; LUCAS, Y.; DIAS, C.T.S.; MELFI, A.J. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, Amsterdam, v.139, p.241-248, 2007.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; LINDINO, C.A.; ROSA, M.F.; BARICCATTI, R.; GOMES, G.D. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichhornia crassipes*) como bioindicador. **Revista Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.30, n.1, p.9-14, 2008

GOSS, M.J.; EHLERS, W.; UNC, A. The role of lysimeters in the development of our understanding of processes in the vadose zone relevant to contamination of groundwater aquifers. **Physics and Chemistry of the Earth**, Bristol, v.35, p.913-926, 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/produtos_agricolas.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2012.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.M.; OLIVEIRA, P.A.V. 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.

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

LARA CABEZAS, W.R.L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.C.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1005-1013, 2004.

LÉIS, C.M. de; DORTZBACH, D.; COITO, R.R.; BEBER, C.L.; COMIN, J.J. **Teores de NPK na fitomassa da aveia preta (*avena stringosa*) em um argissolo vermelho amarelo típico adubado com dejetos de suínos.** In: I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais. Florianópolis, 2009.

MAGGI, C.F.; FREITAS, C.L.F.; SAMPAIO, S.C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Lavas, v.15, p.170-177, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARCATO, S.M.; LIMA, G.J.M.M. Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.855-863, 2005.

MARQUES, M.G. **Transformações do carbono e do nitrogênio no solo e produção de aveia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria.

MARTINS, A.O.; CAMPOSTRINI, E.; MAGALHÃES, P.C.; GUIMARÃES, L.J.M.; DURÃES, F.O.M.; MARRIEL, I.E.; TORRES NETO, A. Nitrogen-use efficiency of maize genotypes in contrasting environments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, p.291-298, 2008.

MEDEIROS, L.T.; REZENDE, E.V.; VIEIRA, P.F.; CUNHA NETO, F.R.; VALERIANO, A.R.; CASALI, A.O.; GASTALDELLO JÚNIO, A.L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.36, n.02, p.309-318, 2007.

MEIRA, F.A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. de; ANDRADE, J.A.C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.2, p. 275-284, 2009.

MELO, A.V.; GALVÃO, J.C.C.; BRAUN, H.; SANTOS, M.M.; COIMBRA, R.R.; SILVA, R.R.; REIS, W.F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n. 2, p.411-420, 2011.

MENEGATTI, A.L.A.; BARROS, A.L.M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v.45, n.01, p. 63-183, 2007.

MENEGHETTI, A.M. **Aspectos ambientais e agronômicos da cultura do minimilho sob aplicação de água residuária da agricultura tratada após lagoa de estabilização**. 2010. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; ANDRADE, C.L.T. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.12, n.73, p.30-35, 2003.

MONDARDO, D.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T.; MESQUITA, E.E. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquidos suíno. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.509-517, 2011.

MOREIRA, F., CECATO, U., PRADO, I.N., WADA, F.Y., REGO, F.C.A., NASCIMENTO, W.G. Avaliação de aveia preta CV Iapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.23, n.4, p.815-821, 2001.

NEUMANN, M.; SANDINI, I.E.; LUSTORA, S.B.C.; OST, P.R.; ROMANO, M.A.; FALBO, M.K.; PANSERA, E.R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho

(*Zeamays l.*) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, p.3, p.418-427, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; FREITAS, W.S.; GALVÃO, J.C.C.; PINTO, F.A.; CECON, P.R. efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.3, p.357-369, 2004.

OLIVEIRA, W. **Uso da água residuária da suinocultura em pastagens da *Brachiaria Decumbens* e Grama Estrela *Cynodom Plesctostachyum***. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo – USP.

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.639-647, 2007.

PAGANINI, W.S.; SOUZA, A. de.; BOCCHIGLIERI, M.M. Avaliação do comportamento de metais pesados no tratamento de esgotos por disposição no solo. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.9, p.225-239, 2004.

PAGLIA, E.C.; SERRAT, B.M.; FREIRE, C.A. de; VEIGA, A.M.; BORSATTO, R.S. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.94–100, 2007.

PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1572-1580, 2008.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C.A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I.C.L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.358-364, 2008.

PELLISSARI, R.; SAMPAIO, S.C.; GOMES, S.D.; CREPALLI, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300, 2009.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.683-690, 2006.

PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suinocultura no solo e na cultura do milho**. 2008, 120f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

PRIOR, M.; SMANHOTTO, A.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, L.H.P.; OPAZO, M.A.U.; DIETER, J. (2009), Acúmulo e percolação de fósforo no solo devido à aplicação de água residuária da suinocultura na cultura do milho (*ZeamaysL.*). **Revista Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.2, p.89-96, 2009.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, 2004.

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.407-417, 2007.

RIBEIRO, A.G.; GALBIATTI, J.A. Contaminação por nitrato e sódio da água percolada e da planta da alface irrigada com água residuária. **Holos Environment**, Rio Claro, v.4, p.56-67, 2004.

ROSSI, P.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N. Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.675-682, 2007.

SAMPAIO, S.C.; SILVESTRO, M.G.; FRIGO, E.P.; BORGES, C.M. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Revista Irriga**, Botucatu, v.12, n.4, p.557-562, 2007.

SAMPAIO, S.C.; FIORI, M.G.S.; OPAZO, M.A.U.; NÓBREGA, L.H.P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.138-149, 2010a

SAMPAIO, S.C.; CAOVIALLA, F.A.; OPAZO, M.A.U.; NÓBREGA, L. H. P.; SUSZEK, M.; SMANHOTTO, A. Lixiviação de íons em colunas de solo deformado e indeformado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.150-159, 2010b.

SANCHEZ, E.; BORJA, R.; TRAVIESO, L.; MARTIN, A.; COLMENAREJO, M.F. Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary up flow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. **Bioresource Technology**, Trivandrum, v.96, n.3, p.335-344, 2005.

SANTOS, M.A.A.; SCHMIDT, V.; BITENCOURT, V.C.; MAROSO, M.T.D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.537-543, 2007.

SANTOS, A.F.; MENEZES, R.S.C.; FRAGA, V.S.; PÉREZ-MARIN, A.M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1267-1272, 2010.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; SCHERER, C.V.; ELLWANGER, M.F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.2, p.221-227, 2008.

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**, Viçosa, v.31, p.23-131, 2007.

SCHMIDT, J.P., LAMB, J.A.S.; SCHMITT, M.A.; RANDALL, G.W.; ORF, J.H.; GOLLANY, H.T. Swine manure application to nodulating and nonnodulating in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.987-992, 2000.

SCHMIDT, J.P., LAMB, J.A.; S, SCHMITT, M.A., RANDALL, G.W.; ORF, J.H.; GOLLANY, H.T. Soybean Varietal Response to Liquid Swine Manure Application. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.358-363, 2001.

SCHONINGER, E.L.; LANGE, A.; SILVA, A.F.; LEMKE, A.F.; MONTEIRO, S.; SILVA, J.A.N. Atributos químicos do solo e produtividade da cultura de soja em área de semeadura direta após calagem superficial. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, p.1253-1262, 2010.

SEIDEL, E.P.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; VANIN, J.P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.32, n.2, p.113-117, 2010.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES, G.L. BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.202-217, 2006.

SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; SILVA, D.G.; ARNHOLD, E. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.2, n.2, p.136–141, 2007.

SILVA, D.F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; BATISTA, R.O.; MOREIRA, D.A. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.33, n.3, p.243-251, 2011.

SIMIONI, D.; WEBBER, F.H.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, L.C.; AOSANI, E. Chemical characterization of caryopses white oats. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v.18, n.2, p.191-196, 2007.

SMANHOTTO, A. **Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja**. 2008, 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Faculdade De Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

SMANHOTTO, A.; SOUZA, A.P.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, L.H.P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.347-357, 2010.

SOARES E BARROS, L.S.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um tratamento integrado. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, p.126-135, 2003.

SOARES, L.H.; FAGAN, E.B.; CASAROLI, D.; ANDRADE, D.M.; SOARES, A.L.; MARTINS, K.V.; ROCHA, F.J. Aplicação de diferentes estrobilurinas na cultura da soja. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.18, p.78-97. 2011.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.3, p.134-143, 2010.

TECHIO, J.W.; CASTAMANN, A.; CALDEIRA, M.H.; ZANELLA, S.; ESCOSTEGUY, P.A.V. **Diagnose nutricional de plantas de soja, cultivada em solo com adubação residual de dejetos de suínos, utilizando o DRIS**. In: I Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos De Animais. Florianópolis, 2009.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

VELOSO, M.E.C.; DUARTE, S.N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J.H.; SILVA, E.C.; SOUSA, E.F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.3, p.382-394, 2006.

VELOSO, A.V. **Avaliação ambiental da produção de suínos em sistema de camas sobrepostas e reaproveitamento dos resíduos como biofertilizante na cultura do milho**. 2010, 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.