

ANDREIA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

**PÂRAMETRO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DO PERCOLADO
E DO SOLO NO CULTIVO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
ADUBADO COM DEJETOS DE SUÍNOS**

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2013

ANDREIA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

**PARÂMETRO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DO PERCOLADO
E DO SOLO NO CULTIVO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
ADUBADO COM DEJETOS DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO - 2013

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

S586p Silva, Andreia Aparecida Ferreira da
Parâmetro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) adubado com dejetos de suínos. / Andreia Aparecida Ferreira da Silva — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

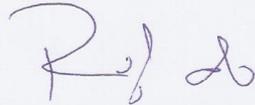
1. Conservação de água e solo. 2. Reuso de água. 3. Percolado. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21.ed. 636.4

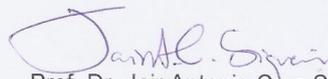
ANDREIA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

“Parâmetro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do
pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) adubado com dejetos de suínos”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia
na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada**
pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Profa. Dra. Alessandra Monteiro de Paula
Universidade Federal do Paraná – UFPR/Palotina

Cascavel, 27 de fevereiro de 2013.

“Dedico aos meus pais João e Terezinha e ao Sr. José Ferreira da Silva (in memoriam) que compartilharam dos meus ideais, incentivando-me sempre a seguir em frente, fossem quais fossem os obstáculos; a vocês que mesmo longe dos olhos mantiveram-se sempre bem perto do coração, lutando comigo, dedico essa conquista com a mais profunda admiração e respeito.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida, por ser inspiração, orientação, força, estímulo e por me livrar dos perigos da estrada.

A minha Família pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo, por compartilhar comigo seu conhecimento, por ter sido amigo, alegrando-se com minhas conquistas e apoiando-me nos momentos mais difíceis, por todo carinho a mim dispensado... Muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, por todo aprendizado e confiança em mim depositada.

Ao amigo Mauricio Guy de Andrade, por sua amizade leal e verdadeira e por não me deixar desistir de viver.

Aos amigos Thiago Edwiges, Luiza Haas, Luiz Inácio Chaves, Mireille Sato e Soni Beltrame, pela troca de experiências, por todo conhecimento compartilhado e amizade construída.

Ao grande amigo Sérgio Ferreira da Silva, por todas as alegrias e tristezas vividas durante o tempo em que estivemos juntos e por ter me ensinado a ir à busca dos meus sonhos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Energia na Agricultura, pelos ensinamentos transmitidos, em especial ao Prof. Jair Siqueira, por ter me incentivado a continuar nos momentos que pensei em desistir

A Secretaria da Coordenação de pós-graduação, em especial Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt e Tatiane Alves Pidorodeski, pela amizade, incentivo e atenção.

Aos Professores Jian Pires Frigo, Jonathan Dieter e ao Angelo Mari pela ajuda na realização das análises estatísticas.

A direção, equipe pedagógica e funcionários do Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo – Palotina/PR, em especial a Eng. Agrônoma Mara Luci Ortolan, pelo apoio incondicional na realização deste trabalho.

Aos alunos de Iniciação Científica Junior do CAEAAC, Bruno Marcos Nunes Cosmo, Arno Schneider Neto, Roger Tiete Jesuíno e Matheus Thomé, por todo o empenho neste trabalho.

Aos meus sempre alunos e com certeza amigos Ivan Ricardo Franzoi, Solange Orives Batista, Solange Jardim, Robson, Flavia Fernanda, Junior Franzoi, Aurea Mariliza e Mariana Campana Adriano.

A querida diretora e amiga Dulce Jander Chimene, por toda compreensão e paciência que dispensou a mim durante a realização deste, pelos sábios conselhos e ensinamentos que com certeza levarei por toda minha vida... Muito obrigada.

Aos sempre amigos da CRTE/NRE Umuarama, Claudinéia Berto, Daiane Trevisan, Márcia Higashi, Edna Vry, Fábio Canonico, Cislaine Ratti, Renato Alessandro, Alessandro Constantino e Celço Luiz Araújo, por terem compartilhado comigo o início desta conquista.

Aos amigos professores, pedagogos e funcionários do Colégio Estadual Professor Paulo Alberto Tomazinho, pelo apoio e estímulo, em especial minhas queridas amigas Leila Barion, Neusa Leonel, Anita Batista, Lucimara Faria, Val Araújo, Yara Navarro e Dona Sônia.

Ao Marcelo Arenas por todo carinho e apoio.

A estrada, minha sempre companheira...

Aos anjos que encontrei pelo caminho que direta ou indiretamente me ajudaram nesta conquista...

Muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução anual da produção mundial de carne.....	3
Figura 2. Geração de Dejetos Suínos.....	6
Figura 3. Vista aérea do CAEAAC – Palotina/PR.	17
Figura 4. Lisímetro	19
Figura 5. Esquema de distribuição dos lisímetros	20
Figura 6. Área de cultivo de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L).....	21
Figura 7. Distribuição dos tratamentos nas parcelas.	22
Figura 8. Delimitação e identificação das parcelas no experimento.	23
Figura 9. Precipitação Média.....	25
Figura 10. Temperatura Média	25
Figura 11. Amostras do percolado.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção mundial de carne suína (mil t ⁻¹ em equivalente-carcaça).	4
Tabela 2. Produção brasileira de carne suína – 2007 a 2011.....	4
Tabela 3. Municípios paranaenses produtores de suínos em 2010.....	5
Tabela 4. Produção média diária de dejetos líquidos das fases produtivas dos suínos.	7
Tabela 5. Atributos físico-químicos de água residuária de suínos.	8
Tabela 6. Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade do solo.	18
Tabela 7. Caracterização química do solo da área experimental.....	18
Tabela 8. Quantidade de ARS em cada tratamento.	22
Tabela 9. Caracterização da água residuária de suinocultura.	23
Tabela 10. Valores médios para acidez no solo na primeira aplicação	28
Tabela 11. Comparação dos valores médios para acidez no solo após a segunda aplicação	29
Tabela 12. Valores médios para acidez no solo na terceira aplicação.....	30
Tabela 13. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para acidez do solo após as aplicações de ARS	31
Tabela 14. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na primeira aplicação	34
Tabela 15. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na segunda aplicação	34
Tabela 16. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na terceira aplicação	35
Tabela 17. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para formas nítricas e macronutrientes do solo após as aplicações de ARS	36
Tabela 18. Valores médios para micronutrientes do solo na primeira aplicação	40
Tabela 19. Valores médios para micronutrientes do solo na segunda aplicação.....	41
Tabela 20. Valores médios para micronutrientes do solo na terceira aplicação.....	42
Tabela 21. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para os micronutrientes do solo após as aplicações de ARS	43
Tabela 22. Valores médios para nitrogênio, fósforo, magnésio, potássio, cálcio, manganês, cobre, ferro e zinco presentes no material percolado	46

Tabela 23. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F da concentração de nitrogênio, fósforo, manganês, cobre, ferro e zinco (mg L^{-1}) para o material percolado dos lisímetros sob tratamento de ARS	47
Tabela 24. Parâmetros com probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas.....	48

RESUMO

SILVA, Andreia A. F. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2013. **Parâmetro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) adubado com dejetos de suínos.** Professor Orientador Dr. Reginaldo Ferreira Santos; Professor Co-orientador Dr. Elisandro Pires Frigo.

A aplicação de dejetos via irrigação no solo é uma forma de ciclar e disponibilizar nutrientes às plantas, contudo, pode haver problemas de poluição, seja pelas altas quantidades aplicadas, somados a relevos acidentados, ou mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura e baixa permeabilidade. Dessa forma o objetivo do trabalho é avaliar o comportamento dos macronutrientes e micronutrientes presentes no solo e no percolado quando da aplicação da água residuária de suinocultura na cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). O experimento foi desenvolvido no município de Palotina – PR. As parcelas experimentais foram projetadas e construídas numa área de 900m², utilizando-se lisímetros de 200 mm. A água residuária foi analisada quimicamente de acordo com a metodologia de APHA, AWWA e WEF (1998) e amostras do percolado foram coletadas após a ocorrência de precipitação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com repetições, sendo seis tratamentos com três repetições. Os resultados submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias utilizou-se o software livre *Assistat*, versão 7.6 beta. As doses de água residuária de suinocultura foram na proporção de 0, 40, 80, 120, 160 e 200 m³ ha⁻¹. Os estudos realizados nesta pesquisa mostraram que o aumento das doses de água residuária acima de 40m³ha⁻¹ de suinocultura no solo influenciam no aumento da concentração de alguns elementos indispensáveis para a manutenção do solo como pH, MO, acidez potencial, nitrato e fósforo. As concentrações de fósforo e manganês encontradas no percolado ficaram acima do valor máximo permitido pela legislação ambiental para esses elementos em águas doces pertencentes a Classe 3. Os resultados obtidos permitiram verificar que para a adubação de culturas principalmente as que possuem alta capacidade de extração de nutrientes, o comportamento dos macronutrientes e micronutrientes presentes no solo e na água residuária, a precipitação e a temperatura são fatores que devem ser considerados.

Palavras-Chave: Conservação de Água e Solo; Reuso de Água; Percolado.

ABSTRACT

SILVA, Andreia A. F. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February, 2013. **Quantitative and qualitative parameters of the leachate and soil in the cultivation of jatropha (*Jatropha curcas* L.) fertilized with swine manure.** Adviser Dr. Reginaldo Ferreira Santos; Adviser Dr. Elisandro Pires Frigo

The application of manure in the soil through irrigation is a form of cycling and nutrient availability to plants, however, there may be problems of pollution, either by high amounts applied, plus the reliefs injured, or even the occurrence of rainfall in soils with poor coverage and low permeability. Thus the aim of this study is to evaluate the behavior of macronutrients and micronutrients in the soil and in leachate when the application of swine wastewater in the culture of jatropha (*Jatropha curcas* L.). The experiment was conducted in Palotina - PR. The experimental plots were designed and built in an area of 900m², using lysimeters of 200 mm. The wastewater was chemically analyzed according to the methodology of APHA, AWWA and WEF (1998) and the leachate samples were collected after the occurrence of precipitation. The experimental design was completely randomized with replications and six treatments with three replications. The results were submitted to analysis of variance with comparison of means by Tukey test at 5% probability. To verify data normality and homogeneity of variances was used Assistat free software, version 7.6 beta. Doses of swine wastewater were in the ratio of 0, 40, 80, 120, 160 and 200 m³ h⁻¹. The studies conducted in this study showed that increasing doses of wastewater above 40m³ha⁻¹ of swine ground influence on increasing the concentration of some factors required for maintaining the soil as pH, MO, acidity potential, nitrate and phosphorus. The concentrations of phosphorus and manganese were found in the leachate above the maximum allowed by law for these elements in environmental freshwaters belonging to Class 3. The results obtained showed that for fertilization of crops especially those with high nutrient uptake capacity, the behavior of macronutrients and micronutrients in soil and wastewater, precipitation and temperature are factors that must be considered.

Keywords: Soil and Water Conservation; Water Reuse; Leachate.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA SUINOCULTURA BRASILEIRA	2
2.2 ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA.....	6
2.3 APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	8
2.4 PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.)	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	17
3.2 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA	21
3.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	21
3.4 APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA SUÍNA.....	23
3.5 COLETA E ANÁLISE DO SOLO.....	24
3.6 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	24
3.7 COLETA DO MATERIAL PERCOLADO	26
3.8 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 ANÁLISE DO pH, MATÉRIA ORGÂNICA E ACIDEZ DO SOLO.....	28
4.2 ANÁLISES PARA AMÔNIA (NH ₄ ⁺), FORMAS NÍTRICAS (NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻) E MACRONUTRIENTES DO SOLO.....	33
4.3 ANÁLISES PARA OS MICRONUTRIENTES DO SOLO (MANGANÊS, COBRE, FERRO E ZINCO)	40
4.4 ANÁLISE DO PERCOLADO	45
5. CONCLUSÕES	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS	53

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são fonte de abastecimento vantajosa para o homem quanto à exploração por apresentar baixo custo e boa qualidade. As ameaças a qualidade das águas no Brasil e no mundo compreendem o crescimento populacional, a urbanização, industrialização, as formas de uso do solo, produção agropecuária, mudanças climáticas e fontes de poluição sejam elas pontuais e ou difusas.

Em inúmeras propriedades rurais, principalmente naquelas destinadas a agricultura familiar é comum observar o lançamento de dejetos animais ao solo sem que se tenha conhecimento da necessidade de nutrientes necessários, tanto para o solo quanto para as culturas. Quando se fala em uma maior eficiência em termos de produção é inerente considerar as necessidades nutricionais do solo e da planta, haja vista que em determinados períodos se fazem necessárias várias aplicações e em doses elevadas podendo ocasionar poluição difusa pelo escoamento superficial e lixiviado, desencadeando impactos ambientais e econômicos na propriedade.

A poluição da água subterrânea torna-se também um problema de contaminação de água superficial, pois a água do subsolo em algum momento aflora a superfície formando nascentes e, conseqüentemente, constituindo os cursos de água de superfície. A aplicação de dejetos via irrigação no solo é uma forma de ciclar e disponibilizar nutrientes às plantas, contudo, pode haver problemas de poluição, seja pelas altas quantidades aplicadas, somados a relevos acidentados, ou mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura e baixa permeabilidade.

Avaliar os parâmetros pertinentes a sustentabilidade dos sistemas agropecuários de produção faz-se extremamente necessário, não somente do ponto de vista tecnológico de aumento da produção e produtividade, mas dos impactos ambientais que esta atividade pode potencialmente gerar, buscando-se alternativas que possam ser viáveis, econômica, social e tecnicamente para a realidade da agricultura da região afetada, integrando os sistemas produtivos de forma a maximizar o lucro, gerando menor quantidade possível de resíduos, ou seja, de poluição.

Dessa forma o objetivo do trabalho é avaliar o comportamento dos macronutrientes e micronutrientes presentes no solo e no percolado quando da aplicação da água residuária de suinocultura na cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA SUINOCULTURA BRASILEIRA

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente, nos últimos anos. Esse crescimento é notado quando se analisa os vários indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. Dentre os aspectos relevantes do desenvolvimento deste setor pode-se destacar também a geração de emprego e renda, principalmente no âmbito da mão de obra familiar, a possibilidade de maior produção de alimentos e a diminuição do êxodo rural (ABIPECS, 2011).

A importância da participação da agricultura familiar na economia brasileira denota relevância pela produção de alimentos e pela ocupação em imóveis rurais, dentre outros. Assim, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (2011) a participação da agricultura familiar representa mais de 84% dos imóveis rurais do país, com 4,1 milhões de estabelecimentos no meio rural. Dos 80,25 milhões de hectares da agricultura familiar, 45% são destinados a pastagens, 28% a florestas e 22% a lavouras.

Segundo o IBGE (2010), os estabelecimentos ligados à agricultura familiar foram responsáveis por 40% do valor bruto da produção agropecuária e 80% das ocupações produtivas agropecuárias. Na geração de alimentos, a agricultura familiar responde por 70% do feijão, 84% da mandioca, 59% dos suínos, 54% do bovino leiteiro, 49% do milho e 40% das aves.

A produção de carne suína vem aumentando consideravelmente nos últimos anos em todo o mundo e o Brasil foi responsável em 2011, por 3,2% da produção mundial, representando 3,22 milhões de toneladas. Tal representatividade coloca o Brasil como quarto maior produtor mundial, logo abaixo da China, União Européia e Estados Unidos (Tabela 1). A suinocultura brasileira pressionada por uma população que busca animais com menos teor de gordura, tem apostado no melhoramento genético com o cruzamento de raças puras e tecnologias que dêem uma melhor produtividade e que sejam viáveis economicamente (USDA, 2012).

O Brasil vem se sobressaindo em relação a outros países na produção e exportação de carne suína, tal competitividade se

evidencia quando comparada a índices de outros países produtores e exportadores. Vários fatores internos são responsáveis pela alta competitividade, atingido nos últimos anos, alguns destes fatores a serem considerados são os seguintes, a grande extensão territorial do Brasil, a grande oferta de matéria prima para a produção, como insumos para alimentação dos porcos, avanço tecnológico deste setor (GONÇALVES, 2006).

Os estados do Sul apresentam 50% da produção nacional de suinocultura, contribuindo de forma considerável ao crescimento e desenvolvimento da economia brasileira (Tabela 2). O Paraná é tido como um dos maiores produtores de carne suína do país, O rebanho estadual é de 3,93 milhões de cabeças, sendo 1,21 de suínos comuns e 2,72 milhões de suínos especializados cujo desfrute médio é de 68% e 144%, respectivamente. A produção total de carne é estimada em 350.571 toneladas anuais. O abate mensal inspecionado situa-se entre 150 a 230 mil cabeças (ABIPECS, 2011).

A Figura 1 mostra a evolução da produção mundial das quatro principais carnes em milhões de toneladas.

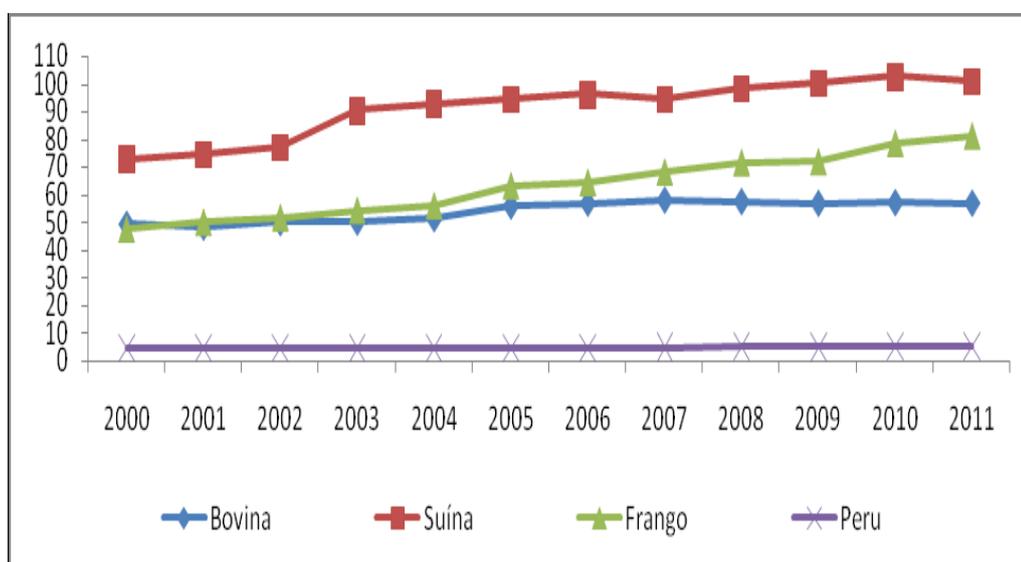


Figura 1. Evolução anual da produção mundial de carne.

Fonte: USDA (2011)

Segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP (2012), no escopo da produção de carnes, alguns aspectos devem ser cuidadosamente analisados no que concerne à produção de carnes. Possuir o maior rebanho não significa, propriamente, ser o maior produtor de carne, o que não resulta também em maior criação de riqueza e valor ou

maior exportador, pois depende do acesso aos melhores mercados consumidores e da capacidade de agregação de valor ao produto.

O rebanho paranaense encontra-se distribuído em 136.457 propriedades, concentrando-se na região Oeste do estado, destacando os municípios de Toledo, Marechal Candido Rondon e Nova Santa Rosa (Tabela 3), considerando-se uma participação efetiva no mercado de aproximadamente 38 mil produtores. A capacidade total de abate é de 5,43 milhões de cabeças/ano, distribuídas em 114 estabelecimentos, sendo 21 com inspeção federal (SIF), 47 com inspeção estadual (SIP) e 46 apresentam inspeção municipal (SIM). Os abatedouros com SIF respondem por 72% da capacidade de total de abate (EMBRAPA, 2012).

Tabela 1. Produção mundial de carne suína (mil t⁻¹ em equivalente-carcaça).

País	Ano				
	2007	2008	2009	2010	2011
China	42.878	46.205	48.905	50.000	49.500
U. Européia	22.858	22.596	22.159	22.250	22.530
EUA	9.962	10.599	10.442	10.052	10.278
Brasil	2.990	3.015	3.130	3.170	3.227
Rússia	1.910	2.060	2.205	2.270	1.965
Vietnã	1.832	1.850	1.850	1.870	1.960
Canadá	1.746	1.786	1.789	1.756	1.753
Japão	1.250	1.249	1.310	1.280	1.255
Total	85.426	89.360	91.790	92.648	92.468

Fonte: USDA, 2011

Tabela 2. Produção brasileira de carne suína – 2007 a 2011.

Estados/Ano	2007	2008	2009	2010	2011	Var 11/10
R. Grande. Sul	481,4	528,4	585,9	586,1	602,0	
Santa Catarina	754,3	724,3	751,7	737,9	782,1	5,99
Paraná	437,2	444,3	487,9	491,1	529,7	
São Paulo	176,6	147,0	147,4	156,0	155,7	-0,16
Minas Gerais	335,5	348,1	375,0	397,1	428,0	
Mato G. Sul	70,2	70,9	80,5	102,1	102,3	0,27
Mato Grosso	116,2	140,0	152,3	175,0	187,0	
Goiás	121,1	127,0	137,6	147,7	156,5	5,93
Sub Total	2.492,4	2.529,9	2.718,3	2.792,9	2.943,3	5,39
Outros Estados	151,1	154,1	154,4	164,2	176,5	7,52
Total Industrial	2.643,6	2.684,0	2.872,7	2.957,0	3.119,8	5,51
Subsistência	354,0	342,4	317,3	280,5	278,0	-0,90
Brasil	2.997,6	3.026,4	3.190,0	3.237,5	3.397,8	4,95

Fonte: ABIPECS (2011); Sindicatos RS e PR (2012); EMBRAPA (2012).

Tabela 3. Municípios paranaenses produtores de suínos em 2010.

Municípios	Plantel de suínos (cabeças)
Toledo	490.780
Arapoti	185.624
Castro	138.149
Marechal Candido Rondon	124.660
Nova Santa Rosa	124.400
Piraí do Sul	105.447
Éneas Marques	102.280
Cascavel	87.598
São Miguel do Iguaçu	62.365
Palotina	51 900

Fonte: Produção Pecuária Municipal – IBGE (2010).

Mesmo com toda relevância socioeconômica, é importante considerar que nas zonas intensivas de produção, a suinocultura é considerada uma atividade com baixa qualidade ambiental, em face de elevada quantidade de contaminantes gerados pelos seus efluentes, o que pode representar importante fonte de degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo. Em se tratando da suinocultura, verificou-se um aumento considerável das criações confinadas, visando o aumento da produtividade para atender as necessidades do mercado consumidor de carne e derivados. Essa tendência maximiza, ainda mais, o potencial poluidor do setor, em virtude da elevada quantidade de dejetos produzida (CAMPOS et al., 2010).

Se por um lado o aumento no nível dos confinamentos proporcionou alavancar saltos de produtividade, por outro lado, nas últimas décadas, os atuais moldes da suinocultura têm despertado a preocupação ambiental da sociedade devido ao grande impacto causado aos recursos naturais pelo manejo inadequado dos resíduos. As conseqüências dessa atividade predatória resultam na exaustão de muitos recursos naturais e na necessidade de repensar o desenvolvimento de modelos adotados (KUNZ et al., 2009).

O crescimento da suinocultura tornou iminente a discussão sobre as questões da sustentabilidade no seu processo produtivo, pois, a utilização de matérias primas, água, energia, bem como a reciclagem de produtos, a destinação de refugos e dejetos, os cuidados com a propagação de odores e ruídos são elementos que urgem de atenção especial por parte de todas as pessoas envolvidas na cadeia produtiva. No contexto social, está entre as atividades do agronegócio com potencial de gerar emprego e renda, tanto para o setor rural quanto para o agroindustrial (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009).

2.2 ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

Os dejetos suínos são resíduos escuros e com odor desagradável. São compostos por excrementos sólidos e líquidos dos animais, juntamente com a água utilizada para limpeza das instalações (GOSMANN, 1997), como mostra a Figura 2. A indústria suína produz efluentes com alta carga orgânica devido a concentração de animais em espaços confinados e uma alimentação com alto teor de proteínas que não é totalmente assimilado pelos animais (BARTHEL, 2007). Essa composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado, que pode apresentar grandes variações na concentração dos elementos componentes, dependendo da diluição à qual foram submetidos e do sistema de armazenamento (SCHULTZ, 2007).



Figura 2. Geração de Dejetos Suínos

A produção anual de dejetos suínos no Brasil está estimada em 105,6 milhões de metros cúbicos. No entanto, somente 15% possuem destino adequado. Soma-se ainda, a grande quantidade de água utilizada em algumas propriedades, onde o manejo dos dejetos na limpeza das unidades produtoras é feito por diluição com água, apresentando-se um cenário insustentável frente a crescente demanda pelo uso dos recursos hídricos. As condições ambientais das granjas sofreram mudanças, mais por uma pressão legal, a partir da exigência de licenciamentos, do que pelo aumento da conscientização de produtores e agroindústrias (VELHO, 2011).

Os dejetos suínos são constituídos por fezes e urina dos animais, além de água desperdiçada em bebedouros e higienização, resíduos de ração, pêlos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório (OLIVEIRA, 2006). Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, principalmente na quantidade de água e nutrientes,

dependendo do sistema de manejo adotados. Além da grande quantidade de matéria orgânica presente nesses resíduos pode-se verificar também nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros nutrientes incluídos nas dietas dos animais (LEITE et al., 2004).

Os rejeitos diários de um suíno representam 25 a 30 gramas de Nitrogênio e 23 gramas de polifosfatos (P_2O_5). Na fração líquida dos dejetos, o nitrogênio e o fósforo estão presentes na proporção de 85% e 15%, respectivamente, do seu conteúdo total. O nitrogênio aparece principalmente na forma solúvel e o fósforo na forma particulada (GODOS et al., 2009).

O que define o grau de diluição dos dejetos e suas características físico-químicas é o sistema de produção utilizado em cada granja ou propriedade. No entanto podem ocorrer diferenças na composição dos dejetos em função das variações como idade dos animais, manejo, alimentação e tipo de estocagem (CASTAMANN, 2005). Em termos gerais, cada litro de água ingerida por suínos resulta em 0,6 litros de dejetos (OLIVEIRA, 1995).

Estudos realizados por Konzen et. al., (2003), demonstraram que a quantidade de dejetos líquidos produzidos por um suíno varia de sete a nove litros dia^{-1} para animais nas fases de crescimento e terminação com peso aproximado de 25 a 100 kg, porém o mais agravante ocorre em matrizes em lactação que produzem $6,4 kg^{-1}$ de esterco, mas o total de dejetos líquidos produzidos é de 27 litros $matriz^{-1} dia^{-1}$ segundo a Tabela 4.

Tabela 4. Produção média diária de dejetos líquidos das fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco	Esterco + Urina	Dejeto líquido
	Kg dia^{-1}	Kg dia^{-1}	Litro dia^{-1}
Suíno 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,8	8,60

Fonte: Instituto Ambiental do Paraná (2009)

Em função de suas características químicas, os dejetos líquidos de suínos apresentam um alto potencial fertilizante, podendo substituir, em parte ou totalmente, a adubação química e contribuir significativamente para o aumento da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (SCHERER, 1999). No entanto, a aplicação excessiva pode causar a contaminação das águas.

Segundo Perdomo et al., (2001), Oliveira (2006), o dejetos líquido de suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais. Na tabela 5 estão apresentadas caracterizações de água residuária suína segundo alguns autores.

Tabela 5. Atributos físico-químicos de água residuária de suínos.

Autores	Atributos							
	pH dS m ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
TESSARO (2009)	7,9	338,8	211	440	2,25	0,95	76,50	12,5
DIETER (2009)	7,95	631,4	171	182	1,02	0,43	4,26	0,42
MENEGHETTI (2010)	7.70	1745	171	150	3450	7,50	0,38	0,06

Fonte: TESSARO (2009); DIETER (2009); MENEGUETTI (2010)

As diferenças climáticas de cada região e a sazonalidade também influenciam na determinação das características das dejeções suínas.

2.3 APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E IMPACTOS AMBIENTAIS

Atualmente, a água disponível no ambiente é utilizada de forma intensiva, em todos os contextos climáticos, sendo que mais da metade da população mundial se abastece com água extraída do manancial subterrâneo (UNESCO, 2012). A partir da Conferência de Mar del Plata em 1977, a água subterrânea foi internacionalmente reconhecida como reserva de valor estratégico para abastecimento doméstico, em especial nas regiões em desenvolvimento ou emergentes. Não obstante a crescente importância alcançada como fonte de abastecimento público, predominou a abordagem extrativista, com base em experiências conduzidas em diversos países ou regiões, cujas realidades hidrogeológicas, sociais, econômicas e culturais são, por vezes, muito diferentes (REBOUÇAS, 2006).

No Brasil, a utilização da água subterrânea tem crescido nas últimas décadas, ainda que em menor grau que as superficiais. Tucci & Cabral (2003) descreveram que há cerca de 300 mil poços tubulares em operação no país, sendo perfurados mais de 10 mil poços por ano, utilizados para os mais diversos fins, como o abastecimento humano, a irrigação, indústria e o

lazer. Em 2010 no Brasil, segundo dados do IBGE, 15,6 % dos domicílios utilizavam, exclusivamente, água subterrânea, 77,8 % usa rede de abastecimento de água e 6,6 % usam outras formas de abastecimento.

Esta crescente utilização pode comprometer a disponibilidade de água tanto superficial quanto subterrânea, ambas estão suscetíveis a poluição produzida pelas diversas atividades antrópica. Porém, uma vez poluídas, o processo para despoluição é bem mais lento, além de exigir técnicas mais elaboradas e onerosas. Entre os fatores que interferem na qualidade de águas, destacam-se: construção inadequada dos poços, a disposição de resíduos sólidos no solo nas proximidades da área de recarga do aquífero, a presença em locais próximos de postos de combustíveis e cemitérios e o uso de fertilizantes e agrotóxicos nas terras cultivadas na região, a intrusão salina e atividades agropecuárias (MEDEIROS, 2012).

Dentre as atividades agropecuárias que provocam impacto sobre a qualidade das águas destaca-se a suinocultura intensiva, fato que tem levado ao desenvolvimento de pesquisas sobre águas superficiais e subterrâneas em áreas de intensa produção suinícola não apenas no Brasil, mas em todo o mundo (EMBRAPA, 1998; SMITH et al., 2007; CERETTA et al., 2005; BAKHSH et al., 2005).

O aumento do plantel na suinocultura e a concentração desta atividade ao longo dos anos têm levado a um acréscimo do volume do dejetos gerado e sua aplicação no solo como fertilizante, muitas vezes em quantidades elevadas tem sido prejudicial ao solo, planta e águas subsuperficiais e superficiais (PANDOLFO et al., 2008). Em áreas tratadas com dejetos líquidos de suínos, a água perdida por escoamento superficial pode conter quantidades significativas de nitrogênio e fósforo, elementos importantes sobre o ponto de vista nutricional de plantas, mas que preocupam sob o ponto de vista ambiental pelo seu potencial poluente (SILVEIRA et al., 2002).

A produção em larga escala agroindustrial da suinocultura proporciona uma grande produção de dejetos, que costumeiramente são lançados ao solo como forma de descarte, utilizando-o como meio filtrante, ou reutilizando tal resíduo como fertilizante, sendo, às vezes, a única fonte de nutrientes para as culturas comerciais, amenizando os custos de produção e conseqüentemente aumentando o lucro das pequenas propriedades rurais (NASCIMENTO, 2009).

Ceretta et al. (2005), afirmaram que a disposição sucessiva de água residuária de suínos por longos períodos numa mesma área, pode ocasionar sérios problemas com contaminação de águas subsuperficiais e rios com nitrato e fósforo. Dieter (2009) relata que

as perdas de nitrogênio e fósforo por escoamento nas concentrações observadas nos maiores picos preocupam pela possibilidade de eutrofização nos mananciais de água.

Uma das causas da poluição das águas por dejetos suíno está no fato do mesmo ser lançado direto nos cursos de água sem o devido tratamento, acarretando desequilíbrios ambientais e poluição, em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, contaminação com amônia e nitratos e a disseminação de microrganismos patogênicos (BENETTI et al., 2011)

Meneghetti (2010), concluiu que doses elevadas de água residuária de suinocultura, combinada com adubação química, apresentaram desempenho indesejável, pois contribuíram para a lixiviação do NO_3^- , ocasionando também aumento nas concentrações de metais com potencial contaminante como cobre e zinco no solo e acúmulo de fósforo disponível.

Dessa forma nos últimos anos as discussões dos dejetos gerados pela suinocultura implicam também na discussão dos impactos ambientais causados por ela, provenientes das elevadas quantidades de nutrientes, como o fósforo, por exemplo, que aplicado via dejetos, excede a capacidade de exportação das culturas; não somente o fósforo, mas também outros elementos presentes nos dejetos são acumulados no solo, como metais pesados, cuja aplicação sucessiva de água residuária e em grandes quantidades saturam os sítios de adsorção favorecendo sua transferência para o meio aquático via escoamento superficial ou percolação, provocando a degradação da qualidade da água e da vida da população do entorno.

A aplicação de dejetos via irrigação no solo é uma forma de ciclar e disponibilizar nutrientes às plantas, contudo, pode haver problemas de poluição difusa, seja pelas altas quantidades aplicadas, somadas a relevos acidentados, ou mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura e baixa permeabilidade (SMANHOTO et al., 2009).

Nos sistemas de tratamentos de efluentes em lagoas a ocorrência de fósforo está na forma de íons fosfato e apesar deste elemento ficar retido facilmente na superfície e sub superfície do solo, devido a mudanças químicas e adsorção, ainda pode ser um poluente das águas subterrâneas, ocasionado pelo processo de lixiviação do elemento que ficou livre na solução do solo (CANTER et al., 1987).

O material particulado contido no escoamento superficial é a maior fonte de poluição, pois elementos químicos e nutrientes são associados à erosão de partículas menores de sedimento. Os poluentes ligados ao sedimento são carregados para os corpos d'água, causando impactos como o assoreamento das margens dos corpos d'água, aumento da

poluição, da turbidez e da temperatura da água, afetando negativamente a fauna e flora aquática (McDOWELL, 2001; SHARPLEY e HALVORSON, 2001; SHARPLEY et al., 1995).

Anami et al. (2008) estudaram o processo de percolação de íons nitrato e fosfato em coluna de solo e verificaram que o íon nitrato apresentou elevado potencial de percolação, ao contrário do que ocorreu com o íon fosfato, que apresentou baixo potencial de contaminação. Como o cálcio é mais fortemente adsorvido que o amônio, potássio e magnésio, sua percolação não é tão intensa e, na verdade, não chega a ser preocupante, em termos de perdas.

A aplicação de água residuária de animais na superfície do solo e a avaliação da transferência de elementos, como fósforo e nitrogênio via escoamento superficial e percolação para espelhos de água superficial e águas subsuperficiais, têm sido temas de inúmeros trabalhos (BASSO et al., 2005; CERETTA et al., 2005). Entretanto, dados de transferência de metais pesados por percolação no solo são escassos, tornando-se necessário o estudo sobre taxas de aplicação de dejetos suínos no solo, para verificar as mais condizentes com a reposição dos nutrientes retirados pela planta, sua contribuição para a conservação e a fertilidade dos solos agrícolas e potencial poluidor, considerando o tipo de solo, as características da água residuária de suinocultura, as condições climáticas da região e a cultura cultivada, assumem fundamental importância (DAL BOSCO, 2007).

Brito et al. (2007) avaliando a qualidade do lixiviado de solos submetidos à aplicação de vinhaça, observaram que os índices de condutividade elétrica no lixiviado aumentaram com o aumento da aplicação sem, porém, apresentarem problemas de contaminação do lençol freático.

Com relação às propriedades físicas do solo, Campelo (1999) verificou que a aplicação de água residuária da suinocultura com diferentes concentrações de sólidos totais (0; 0,3; 4,9; 16,3 e 27,7 g L⁻¹) em solo Podzólico Vermelho-amarelo provocou o selamento superficial quando se realiza aplicações com grandes taxas e concentração de sólidos totais superior a 15 g.L⁻¹, à adição de água via dejetos e ao selamento da superfície do solo pelas finas partículas contidas no dejetos líquido de suíno.

A presença de bactérias em regiões contaminadas com o lixiviado é elevada se comparada a outros poluentes em geral. Análises microbiológicas de amostras de lixiviado mostraram uma quantidade de coliformes totais da ordem de 10⁴ CFU g⁻¹(unidades formadoras de colônias por grama de amostra). Os microrganismos mais comuns presentes

nos lixiviado, além das bactérias metanogênicas e acetogênicas, são espécies patogênicas (como coliformes fecais), bactérias redutoras e desnitrificantes (EDUARDO, 2007).

Questionamentos envolvendo a qualidade da água em áreas com intensiva aplicação de resíduo animal têm sido levantados em função do grande potencial poluidor. A aplicação de resíduo animal em áreas agrícolas é normalmente baseada na necessidade de nitrogênio. Como conseqüência, o uso intensivo desses resíduos aumenta os níveis de fósforo no solo acima das necessidades agrônômicas e, conseqüentemente, eleva o potencial de perdas de fósforo, o que acelera o potencial de eutrofização de mananciais hídricos (PELES, 2007).

O manejo ineficiente e a prática de lançar dejetos de forma indiscriminada na natureza propiciaram sérios desequilíbrios, tais como a exploração intensiva do solo levando a erosão e ao esgotamento; contaminação do solo por nitratos e minerais; contaminação dos mananciais de água (nitrato na água subterrânea); disseminação de patógenos; redução do teor de oxigênio dissolvido, entre outros (FLOTATS et al., 2009).

Uma melhor caracterização do risco de poluição das águas subterrâneas consiste, na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com as atividades desenvolvidas no solo ou em sub-superfície. Por isso, é extremamente importante, em estudos de vulnerabilidade de aquíferos, realizarem levantamentos das atividades potencialmente contaminantes, uma vez que a carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, propriedade intrínseca do aquífero.

A preocupação com a poluição do ambiente é uma das maiores ameaças à sobrevivência e expansão da suinocultura nos grandes centros produtores. A suinocultura como atividade potencialmente poluidora necessita de enfoque ambiental próprio, dimensionado adequadamente para a atividade, não havendo possibilidade de importar processos de outros segmentos, o que de certa forma foi negligenciado tendo em vista a associação dos dejetos para aplicação na agricultura, na realidade a saída mais econômica e mais fácil de ser executada pelo produtor (BLEY JUNIOR et al., 2009).

A legislação ambiental prevê rigoroso controle da poluição hídrica, que deve ser estendido aos efluentes gerados na suinocultura para que seja efetiva a proteção das águas no território nacional, entretanto não existe no Brasil uma legislação específica para a atividade suinícola, apenas instrumentos legais que auxiliam no ordenamento de sua atividade (SILVA, 2000).

Para compreender melhor as questões ambientais que envolvem a suinocultura brasileira, convém entendê-las como aquelas que dizem respeito aos aspectos legais da

propriedade e outros que dizem respeito ao controle dos impactos ambientais da produção suinícola, tais como:

- ✓ *Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/1965)*, que prevê a proteção de florestas nativas, reservas legais e área de preservação permanente. Bem como, todas as propriedades rurais, edificações da atividade suinícola devem respeitar as distâncias mínimas de proteção ambiental.

- ✓ *Ação Civil Pública (Lei 7.347 de 24/07/1985)* trata da responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico e turístico, podendo ser requerida pelo Ministério Público a pedido que qualquer pessoa ou por uma entidade constituída que tenha pelo menos um ano de atividade.

- ✓ *Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 08/01/1997)*, lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos define a água como recurso natural limitado dotado de valor econômico, que pode ter usos múltiplos (por exemplo: consumo humano, produção de energia, transporte aquaviário, lançamento de esgotos). A partir dela, a gestão dos recursos hídricos passa a ser descentralizada, prevê a elaboração de planos diretores por bacia hidrográfica, contando com a participação do Poder Público, usuários e comunidades.

- ✓ *Licenciamento Ambiental (CONAMA, 237/97)*, refere-se a um instrumento de controle e exercício legal de atividades que de alguma forma interferem direta ou indiretamente no ambiente como, por exemplo, a atividade suinícola. A Portaria nº 01/92, de 27/10/1992 e o Decreto nº 1.528, de 02/08/2000, considera tal atividade como grande geradora de impactos ambientais, exigindo seu licenciamento, além de algumas exigências que buscam prevenir ou ainda corrigir efeitos negativos sobre o ambiente que por ventura possam surgir.

✓ *Padrões de Lançamento de Efluentes (CONAMA, 357/05)*, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer condições e padrões de lançamento de efluentes.

Considerando os aspectos da Lei 9.433/1997 como fundamentos, objetivos e diretrizes gerais de ação da Política Nacional de Recursos Hídricos, afirmam que a produção animal, principalmente em bacias hidrográficas caracterizadas pelos sistemas de produção intensiva, deve ser plenamente contemplada no contexto da gestão/regulação do uso dos recursos hídricos. A questão que se acena, decorre tanto do fato do setor ser significativamente dependente da disponibilidade hídrica em termos de qualidade e quantidade, quanto ao fato do setor ter o elevado potencial de eutrofização dos recursos hídricos (OLIVEIRA, 2010).

2.4 PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)

Nos últimos anos é possível observar no contexto mundial, a grande mudança que vem ocorrendo no que diz respeito à matriz energética, paralelo a isso é notória a busca por fontes mais limpas e renováveis de energia. O Brasil assim como outros países, tem desenvolvido pesquisas para obtenção de fontes alternativas de geração energia, um exemplo é a utilização de óleos vegetais para a produção do biodiesel.

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) vem se destacando entre as oleaginosas, como alternativa potencial de matéria prima para a produção de biodiesel. Mesmo o Brasil apresentando condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo do pinhão, China e Índia lideram áreas de cultivo da planta (FAILERSS, 2007).

Algumas características têm despertado o interesse para o cultivo do pinhão e a utilização deste para fins energéticos, dentre elas destaca-se o fato de que o óleo produzido é facilmente convertido em biodiesel líquido e a torta resultante da prensa da semente pode ser utilizada como fertilizante e o resíduo orgânico submetido à digestão para produção de biogás (ACHTEN et al., 2008). O pinhão manso é uma cultura perene, que apresenta bom desempenho no aproveitamento e recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes profundas, apresentando tolerância a seca e a baixa fertilidade do solo, além de ser exigente a

insolação. A planta não é utilizada para fins comestíveis o que favorece a comercialização do seu produto somente para fins energéticos (ARRUDA et al., 2004; KUMAR e SHARMA, 2008).

Com relação à descrição da planta, o pinhão manso pertence à família das Euforbiáceas, é um arbusto grande de crescimento rápido, cuja altura pode atingir dois a três metros, podendo alcançar até cinco metros ou mais, em condições especiais, com diâmetro do tronco de 20 cm (CORTESÃO, 1956).

Cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade. Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (YE et al., 2009).

As folhas do pinhão são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternadas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado. O fruto é seco deiscente, capsular, tricoca, com três sementes e endocarpo lenhoso, a semente é ovalada endospermica com envoltório liso (NUNES et al., 2009).

O sistema radicular do pinhão manso tem potencial para a conservação do solo, as raízes laterais, podem diminuir a erosão do solo, provocadas pelo vento ou água devido ao aumento na sua coesão. Tal característica favorece a exploração da umidade localizada em camadas subsuperficiais, o que pode ser uma importante propriedade em regiões de pouca disponibilidade hídrica, pois deverá aumentar o acesso a água (REUBENS et al., 2011).

Achten et al. (2008) afirma que a produtividade do pinhão manso constitui uma reposta fenotípica que depende do material genético utilizado e do ambiente em que a mesma é cultivada. Dessa forma, é difícil precisar valores de produtividade potencial do pinhão manso, pelo fato da espécie ainda não ser domesticada, ou seja, de não ter sido conduzido nenhum programa consistente de melhoramento e técnicas de cultivo e por fim por não haverem estudos confiáveis sobre a produtividade.

Embora seja uma espécie que sobrevive em condições de seca, adaptada à semi-aridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação e dosagem ideal de adubação. No entanto, pouco se conhece sobre fisiologia desta planta; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda necessitam de

investigação como, por exemplo, a densidade ideal de plantas e a configuração de plantio (BELTRÃO, 2006)

O pinhão manso, pelo emprego do seu óleo e possibilidade de uso na produção do biodiesel, grande rusticidade, boa adaptação às variações do meio ambiente e pelo papel que pode exercer na proteção do solo, podendo ser cultivado, ainda, em consórcio com outras culturas de importância econômica como o amendoim, algodão entre outras, tem grande importância para o melhor aproveitamento agrícola não só da região semi-árida como outras regiões, sendo uma opção para a economia local. O aumento das áreas de plantio pode contribuir com a efetivação da agricultura familiar, auxiliando na fixação de mão-de-obra na zona rural pela geração de emprego e fornecer matéria prima para a indústria.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi conduzido na área experimental do Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo – CAEAAC, município de Palotina – PR, cujas coordenadas geográficas são de 24° 12' 00'' latitude sul, de 53° 50' 30'' longitude oeste (Greenwich), com altitude média de 332 metros (Figura 3).



Figura 3. Vista aérea do CAEAAC – Palotina/PR.

Fonte: Google Earth (2012)

O clima da região é definido segundo a classificação de Köppen, como subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1800 mm, com verões quentes e invernos frios ou amenos. Geadas são frequentes no período mais frio, podendo acontecer no período entre o fim de maio e o início de setembro. O município apresenta temperatura média de 20° C e a umidade relativa (UR) do ar média de 75% (IAPAR, 2000).

Segundo a EMBRAPA (2006), o solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, de textura muito argilosa apresentando uma curva granulométrica bem graduada,

ou seja, larga faixa de tamanhos de grãos, com predominância de partículas finas, com as frações: 60% de argila, 19% de silte e 21% de areia.

Na área utilizada para a implantação do experimento foram determinadas a densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (Tabela 6), na camada de 0 a 20 cm de pontos distintos da área antes da instalação do experimento, segundo o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

Tabela 6. Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade do solo.

Ponto de amostragem	Densidade	Microporosidade	Macroporosidade	Porosidade total
	g cm^{-3}	%	%	%
Amostra 1	1,16	10,52	35,90	45,87
Amostra 2	1,19	8,89	36,27	46,92
Amostra 3	1,18	8,87	42,56	46,26

Fonte: Laboratório Solo Fértil (2011)

A caracterização química do solo foi realizada previamente a instalação do experimento na camada de 0 a 20 cm segundo as metodologias descritas por Raij *et al.*, (2001), Tedesco *et al.*, (1995) e EMBRAPA (1997), sendo os resultados apresentados na Tabela 7.

As amostras de solo tanto para a caracterização física quanto química foram retiradas das parcelas experimentais em pontos aleatórios, foram acondicionadas em sacos plásticos individuais, identificadas e enviadas a AGRILAB – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais, onde foram submetidas à determinação de potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), Ferro (Fe), amônia (NH_4), nitrato (NO_3), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B) e fósforo (P).

Tabela 7. Caracterização química do solo da área experimental.

Ponto de Amostragem	Parâmetros						
	pH	H+Al	MO	K	Ca	Mg	Al
	Água	mmolc dm^{-3}	g dm^{-3}		mmolc dm^{-3}		
Amostra 01	6,44	38	66	4,0	44	18	0,4
Amostra 02	6,35	42	77	4,0	52	21	0,0
Amostra 03	6,29	29	59	3,5	39	17	0,0

Continuação da Tabela 7 – Caracterização química do solo da área experimental

	NH ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	Zn	B	P
	mg.dm ⁻³							
Amostra 01	14,0	19,6	23,2	11	150	5,6	0,31	19,2
Amostra 02	14,0	8,4	18,2	5	148	6,8	0,41	29,6
Amostra 03	8,4	5,6	18,9	17	107	4,0	0,25	20,1
Média	12,6	12,6	20,1	11	110	3,9	0,36	14,0

Fonte: AGRILAB – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais (2011)

O solo utilizado no experimento até o presente momento não havia recebido nenhuma aplicação de dejetos. O experimento foi instalado e conduzido durante os meses de dezembro de 2011 a junho de 2012.

As parcelas experimentais foram projetadas e construídas numa área de cultivo de pinhão manso, localizada nas dependências do Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo - CAEAAC, área esta que conta com 900 m², utilizando-se de dezoito lisímetros de drenagem com capacidade de 200 mm cada, fixados no solo. Na instalação destes as bordas dos lisímetros ficaram a 0,6 m abaixo da superfície do solo. No fundo de cada lisímetro foi montada um rede de distribuição constituída por um tubo de cloreto de polivinila (PVC) de 20 mm, acoplado a uma estrutura para coleta da água filtrada, sendo uma garrafa de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 2 L, como mostra a Figura 4.



Figura 4. Lisímetro

No preenchimento dos lisímetros foi colocada primeiramente uma camada de 10 cm de brita com diâmetro entre 1,0 e 1,5 mm. Acima foi colocada uma camada de 10 cm de areia, tendo uma tela de material geotêxtil na sua parte superior para proteção, em seguida, completado por solo retirado do próprio local do experimento. Após a parcela experimental ser colocada no solo, a calha coletora foi acoplada na extremidade a favor do desnível. Em seguida procedeu-se a abertura de uma vala com declive para acomodação da mangueira coletora que leva o percolado até o local de coleta.

A profundidade na qual a mangueira foi instalada foi de 0,6 m a 0,7 m e a trincheira de 0,8 m a 1,00 metros. Quando da instalação dos lisímetros, fez-se corte na área com escavação manual. Foram distribuídos 18 lisímetros na área de cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*), como mostra a Figura 5.

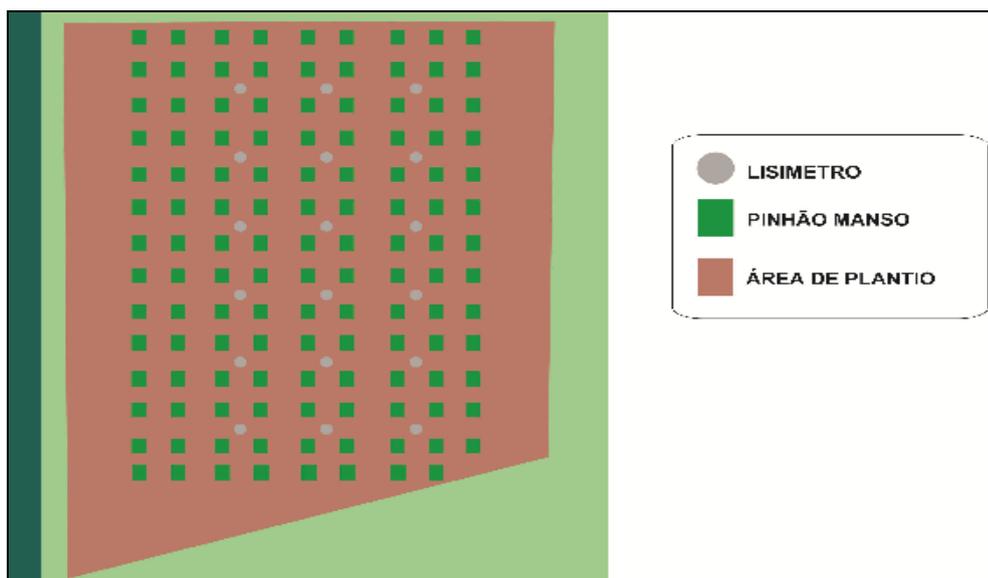


Figura 5. Esquema de distribuição dos lisímetros

Os lisímetros foram distribuídos em blocos, cada bloco com seis parcelas. A distância entre um lisímetro e outro foi de aproximadamente três a quatro metros.

3.2 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA

A cultura usada no experimento foi o pinhão manso (*Jatropha curcas* L), como mostra a Figura 6. A cultura utilizada no experimento já apresentava aproximadamente cinco anos de cultivo.



Figura 6. Área de cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L).

3.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos empregados no experimento foram compostos por água residuária de suinocultura, sendo seis tratamentos, com três repetições, totalizando 18 parcelas experimentais com espaçamento de $4\text{m}^2 \times 3\text{m}^2$ e quatro plantas de pinhão manso cada uma. As doses de água residuária de suinocultura foram na proporção de 0, 40, 80, 120, 160 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

A quantidade de água residuária aplicada em cada uma das parcelas, distribuídas em três aplicações encontra-se na Tabela 8

Tabela 8. Quantidade de ARS em cada tratamento.

Tratamentos	Quantidade de ARS $m^3 ha^{-1}$
T1	0
T2	40
T3	80
T4	120
T5	160
T6	200

Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória nas parcelas experimentais, sendo estes divididos conforme representado na Figura 7.

P1 (T3)	P2 (T6)	P3 (T5)
P4 (T1)	P5 (T2)	P6 (T4)
P7 (T6)	P8 (T1)	P9 (T3)
P10 (T5)	P11 (T4)	P12 (T2)
P13 (T6)	P14 (T3)	P15 (T1)
P16 (T2)	P17 (T5)	P18 (T4)

*P = Parcela; T= Tratamento

Figura 7. Distribuição dos tratamentos nas parcelas.

As parcelas experimentais foram devidamente delimitadas e identificadas como mostra a Figura 8.



Figura 8. Delimitação e identificação das parcelas no experimento.

3.4 APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA SUÍNA

A água residuária de suíno utilizada no experimento foi obtida de uma propriedade rural localizada próxima ao CAEAAC. A água residuária não recebia nenhum tipo de tratamento, estando armazenada em esterqueira, a mesma era recolhida das baias onde se encontravam suínos para engorda e terminação. Foram realizadas três aplicações de água residuária de suinocultura durante o período de instalação do experimento, para todos os tratamentos, sendo que a primeira aplicação aconteceu no mês de dezembro de 2011, a segunda aplicação no mês de março de 2012 e a última aplicação em junho de 2012. Amostras do dejetos foram coletadas antes de cada uma das aplicações e, uma alíquota de 500 mL era retirada para sua caracterização. Na Tabela 9 é apresentada a caracterização do dejetos líquido de suínos.

Tabela 9. Caracterização da água residuária de suinocultura.

Aplicações	Parâmetros						
	pH	CE	C. Org	NO ⁻³ + NO ²	P	K	Ca
1 ^a	8,40	5170	12,19	71,1	25,82	1160,0	837,0
2 ^a	7,97	3270	2,12	2,8	29,55	581,1	9,2
3 ^a	7,60	4060	2,55	26,3	14,47	410,0	13,7

Continuação da Tabela 9							
	Mg	Na	Cu	Mn	Zn	Fe	N Total
1 ^a	630,0	152,1	12,70	24,82	75,00	177	2151,3
2 ^a	14,1	95,0	0,13	0,04	0,40	5,62	582,4
3 ^a	19,3	83,0	0,05	0,05	0,03	1,79	413,0

*Todas as unidades em (mg L⁻¹), exceto para CE (dSm⁻¹)

A aplicação de água residuária foi manual utilizando-se regadores de material PVC, com capacidade de 10 litros. Esse procedimento foi feito em todo o experimento nas três aplicações realizadas.

3.5 COLETA E ANÁLISE DO SOLO

Após cada aplicação de dejetos suíno foi feita coleta e análise de solo de cada uma das parcelas a fim de determinar as características químicas do solo. Foram realizadas três coletas, totalizando as 54 amostras de solo, sendo estas na profundidade de 0 - 20 cm.

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos individuais identificadas e, então, enviadas ao laboratório e submetidas à determinação de pH, matéria orgânica (MO), alumínio (Al), boro (B), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), acidez potencial (H+Al⁺³), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), nitrogênio total NTK e N orgânico + amoniacal (NH₄⁺ e NH₃). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais – AGRILAB/UNESP, de acordo com a metodologias de Tedesco *et al.*, (1995); Raij *et al.*, (2001).

3.6 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados referentes à precipitação e temperatura foram disponibilizados pela Estação Meteorológica do Colégio Estadual Agrícola Adroaldo Augusto Colombo. Os dados de precipitação e temperatura média durante a execução do experimento são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente, sendo estes considerados normais para a região no período

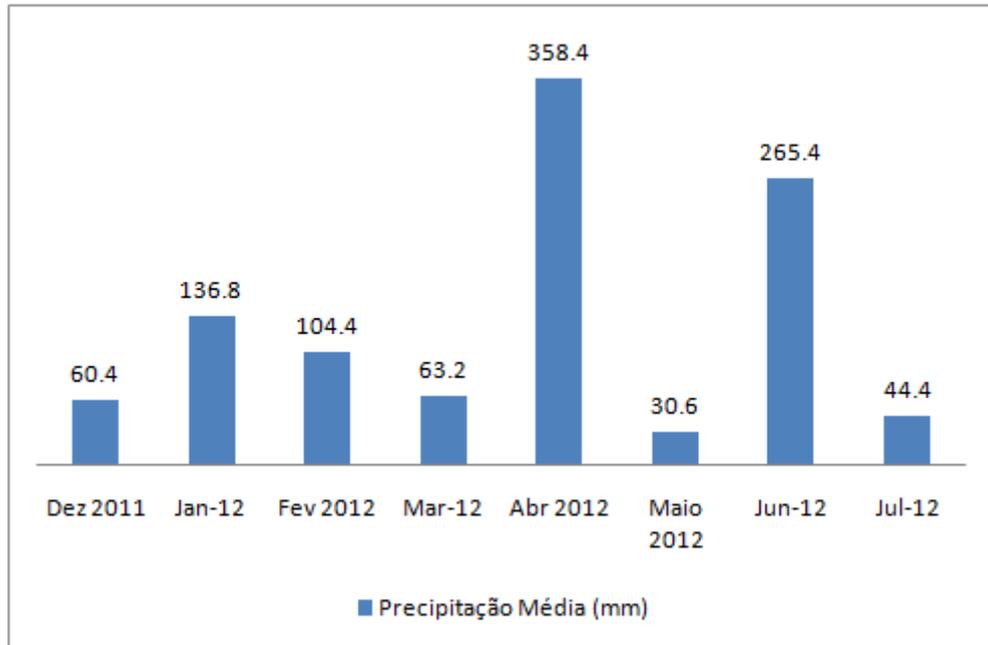


Figura 9. Precipitação Média

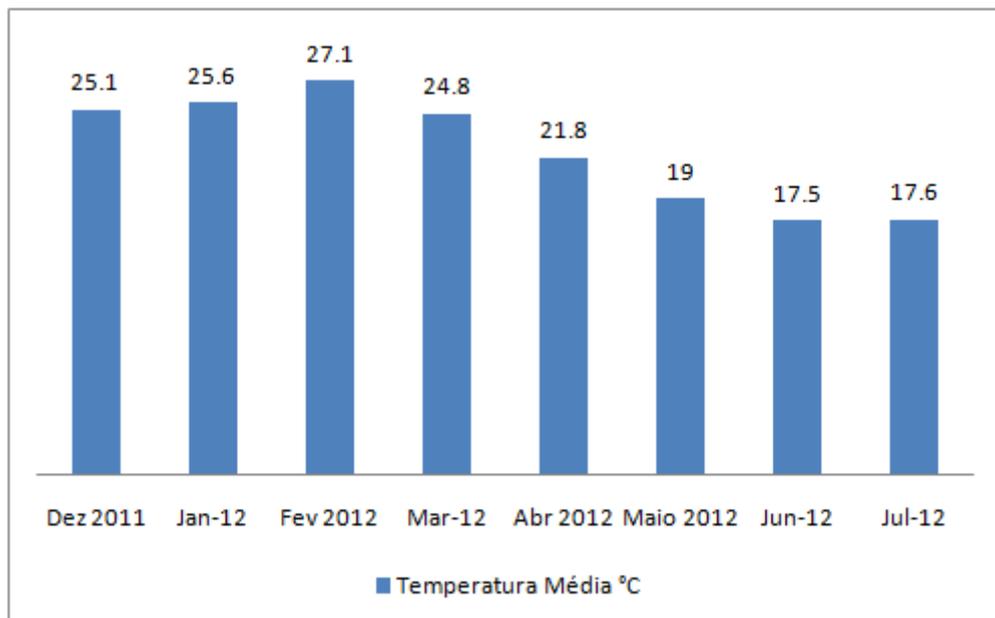


Figura 10. Temperatura Média

3.7 COLETA DO MATERIAL PERCOLADO

Após as aplicações do dejetos líquido suíno, assim que ocorriam as primeiras precipitações, amostras do percolado através dos lisímetros eram coletadas, quantificadas e acondicionadas em frascos plásticos de 300 ml de capacidade (Figura 13), devidamente lavados, identificados e mantidos à temperatura de 4°C, conforme CETESB (1987).



Figura 11. Amostras do percolado

Logo após a instalação dos lisímetros, no dia 03 de dezembro de 2011 foi realizada a primeira aplicação de ARS. A primeira coleta do percolado aconteceu 37 dias após sucessivas precipitações no período. A segunda aplicação de ARS aconteceu no dia 03 de março, houve um período de estiagem, e em seguida grande precipitação, em seguida realizou-se a coleta do percolado, 53 dias depois da segunda aplicação de ARS. A última aplicação aconteceu em 01 de junho de 2012, sendo o percolado coletado 22 dias após a terceira aplicação.

As amostras do percolado foram enviadas ao AGRILAB – Laboratório de Análises Agrícola e Ambiental, para determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, magnésio, zinco, cobre e ferro, conforme APHA, AWWA & WEF (1998) e TEDESCO et al., (1995).

3.8 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com repetições, sendo seis tratamentos com três repetições. Os resultados submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias utilizou-se o software livre *Assistat*, versão 7.6 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DO pH, MATÉRIA ORGÂNICA E ACIDEZ DO SOLO

Na tabela 10 são apresentados os valores médios dos parâmetros relacionados à acidez do solo, como potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), alumínio (Al) e alumínio trocável (H^+Al^{+3}), em função dos tratamentos na primeira aplicação de ARS realizada.

Tabela 10. Valores médios para acidez no solo na primeira aplicação

Área experimental	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
	Água	$g\ dm^{-3}$	$mmolc\ dm^{-3}$	
	6,36	17,25	0,4	36
1ª ARS	pH	C. Org	Al	H+Al
	Água	$g\ dm^{-3}$	$mmolc\ dm^{-3}$	
	8,4	12,19	-----	-----
Tratamentos (m^3) 1ª Aplicação	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
	Água	$g\ dm^{-3}$	$mmolc\ dm^{-3}$	
0	5,71 a	27,51a	0,83a	49,81a
40	5,90 a	25,76 a	0,69a	43,13a
80	5,75 a	26,07 a	0,69a	45,90a
120	5,78 a	23,86 a	1,11a	46,20a
160	5,88 a	23,56 a	0,83a	42,48a
200	5,70 a	24,78 a	0,56a	44,64a

“a” não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que não houve diferenças estatísticas ao nível de 5% para os tratamentos na primeira aplicação quando comparados aos valores encontrados na caracterização da área experimental e a água residuária de suinocultura utilizada.

Observa-se que após a aplicação de água residuária de suinocultura, as parcelas que receberam os diferentes tratamentos apresentaram uma pequena diminuição no pH do solo, já

a matéria orgânica, o alumínio e a acidez potencial tiveram aumento nas suas concentrações quando comparados aos valores iniciais, antes da aplicação da ARS, fato que se justifica pela água residuária de suinocultura utilizada apresentar-se altamente concentrada e no solo apresenta-se repleta de grupos funcionais capazes de produzir efeitos sobre o pH do meio, liberando H^+ para o solo, acidificando-o.

Na tabela 11 são apresentados os valores médios para os parâmetros de pH, matéria orgânica, alumínio e acidez potencial presentes no solo após a segunda aplicação de ARS, tais valores são comparados aos encontrados anteriormente, na primeira aplicação e a ARS utilizada.

Tabela 11. Comparação dos valores médios para acidez no solo após a segunda aplicação

Tratamentos (m ³)	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
1ª Aplicação	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
0	5,72	27,51	0,83	49,81
40	5,90	25,76	0,69	43,13
80	5,75	26,07	0,69	45,90
120	5,78	23,86	1,11	46,20
160	5,88	23,56	0,83	42,48
200	5,70	24,78	0,56	44,64
2ª ARS	pH	C. Org	Al	H+Al
	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
	7,97	2,12	-----	
Tratamentos (m ³)	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
2ª Aplicação	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
0	5,40a	15,33a	2,93a	48,00a
40	5,32a	16,00a	2,73a	52,33a
80	5,45a	13,67a	2,10a	41,33a
120	5,53a	14,00a	1,70a	42,00a
160	5,24a	16,00a	2,93a	50,33a
200	5,57a	15,33a	1,70a	43,00a

“a” indica que as médias apresentadas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferenças estatísticas ao nível de 5% para os tratamentos na segunda aplicação quando comparados aos valores encontrados na primeira aplicação de ARS, porém é observado pequenas variações no valor do pH. A água residuária de suinocultura utilizada

apresentava pH básico (7,97), observou-se uma diminuição no pH pelo fato de que neste período houve uma baixa precipitação pluviométrica.

A Tabela 12 apresenta os valores médios para acidez no solo após a terceira aplicação de ARS, comparando-os aos valores encontrados na segunda aplicação. Observa-se que não houve diferenças estatísticas ao nível de 5% para os tratamentos na terceira aplicação.

Tabela 12. Valores médios para acidez no solo na terceira aplicação

Tratamentos (m ³)	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
2ª Aplicação	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
0	5,40	15,33	2,93	48,00
40	5,32	16,00	2,73	52,33
80	5,45	13,67	2,10	41,33
120	5,53	14,00	1,70	42,00
160	5,24	16,00	2,93	50,33
200	5,57	15,33	1,70	43,00
3ª ARS	pH	C. Org	Al	H+Al
	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
	7,60	2,55	-	-
Tratamentos (m ³)	Parâmetros			
	pH	MO	Al	H+Al
3ª Aplicação	Água	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
0	6,03a	26,00a	0,63a	43,33a
40	5,63a	28,00a	2,33a	50,00a
80	5,83a	28,00a	1,67a	41,00a
120	5,50a	23,33a	4,00a	52,33a
160	5,67a	22,00a	1,67a	32,33a
180	5,52a	23,00a	2,50a	47,33a

“a” indica que as médias apresentadas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Mesmo não havendo diferenças significativas nos valores apresentados, observam-se pequenas variações nos tratamentos da terceira aplicação em relação aos valores da segunda aplicação, principalmente para matéria orgânica, alumínio e acidez potencial. Variações estas que podem ser justificadas pelo acúmulo das águas residuárias aplicadas, pela composição da ARS utilizada nesta etapa e pelos fatores climáticos como precipitação e temperatura.

Na tabela 13 é apresentado o resumo da análise de variância dos valores médios de pH, MO, Al e $H+Al^{+3}$, no solo após as três aplicações de água residuária de suinocultura. É possível verificar os valores de F e o coeficiente de variação (CV) destes parâmetros em relação às aplicações realizadas.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para acidez do solo após as aplicações de ARS

1ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
pH	0,0746**	9,26
MO	0,9525 ^{ns}	10,30
Al	0,1884 ^{ns}	99,90
H + Al ⁺³	0,1318**	27,53
2ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
pH	1,3065 ns	3,50
MO	0,2677 ns	22,20
Al	0,9594 ns	44,32
H + Al ⁺³	1,4764 ns	14,45
3ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
pH	0,9564 ns	6,32
MO	1,6611 ns	14,14
Al	1,8036 ns	68,10
H + Al ⁺³	1,9061 ns	20,43

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); “ns” indica que o valor de F não é significativo ao nível de 5% de significância; CV = coeficiente de variação

Nota-se que o comportamento dos parâmetros relacionados à acidez no solo após as aplicações de ARS de acordo com as repetições estabelecidas não variou muito em função das aplicações de ARS realizadas, exceto o pH e a acidez potencial na primeira aplicação que foi significativo a 1% no início do experimento, tal característica pode estar associada a grande concentração de matéria orgânica presente na ARS aplicada e possivelmente devido a produção de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da MO. Embora tenha um poder tampão, a MO serve também como isolante, tendendo a acidificar o solo, devido a presença de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que ajudam manter o pH mais estável, desencadeando certa estabilidade no pH. Para a MO e o Al, os valores de F não foram significativos. A homogeneidade dos dados segundo Pimentel Gomes (2000) pode ser considerada baixa para o pH, pois o coeficiente de variação para este parâmetro encontra-se abaixo de 10% (CV= 9,26)

e média para a MO e $H + Al^{+3}$, cujos coeficientes foram de 10,30 e 27,53, respectivamente. Os dados para o Al apresentam-se heterogêneos em função do CV ser maior que 30 % (GOMES, 1987).

Os valores de F para o pH, MO, Al e $H+Al^{+3}$, no solo após a segunda aplicação de ARS não foram significativos. Mesmo os valores de F para MO não sendo significativos é possível observar uma pequena variação nos valores médios nesta segunda aplicação, o que pode ser explicado pelo fato de que a ARS utilizada encontrava-se altamente diluída no momento da aplicação, aliado ainda a um longo período de estiagem, ocorrendo depois deste evento a maior precipitação observada durante a realização deste estudo (358,4 mm). A homogeneidade dos dados segundo Pimentel Gomes (2000) pode ser considerada baixa para o pH pois o coeficiente de variação para este parâmetro encontra-se abaixo de 10% (CV= 3,50) e média para a MO e $H + Al^{+3}$, cujos coeficientes foram de 22,20 e 14,45, respectivamente. Os dados para o Al apresentam-se heterogêneos em função do CV ser maior que 30 %.

Na terceira aplicação os valores de F para o pH, MO, Al e $H+Al^{+3}$ também não foram significativos. A homogeneidade dos dados segundo Pimentel Gomes (2000) pode ser considerada baixa para o pH pois o coeficiente de variação para este parâmetro encontra-se abaixo de 10% (CV= 6,32) e média para a MO e $H + Al^{+3}$, cujos coeficientes foram de 14,14 e 20,43, respectivamente. Os dados para o Al (CV= 44,32) apresentam-se heterogêneos em função do CV ser maior que 30 %.

Meneghetti (2010) encontrou resultados semelhantes analisando a acidez do solo quando da aplicação de água residuária de suinocultura tratada em lagoa de estabilização na cultura do minimilho, sendo que o pH do extrato aquoso do solo não variou em função dos tratamentos das doses de ARS, apenas houve alteração significativa no pH em resposta à adubação. Ainda a mesma autora o coeficiente de variação (CV) para o pH foi considerado baixo (CV 7,36; 6,36 e 4,18%), indicando alta homogeneidade. Quanto a MO, a autora relata que os valores de F não foram significativos para os fatores analisados e que apesar não significativos, houve também variação nos valores médios para os períodos observados.

Sampaio et al. (2009) trabalhando com aplicação de ARS sob condição de chuva simulada observaram que no pH do solo não houve diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de significância entre os tratamentos (0, 100 e 200 $m^3 ha^{-1}$) e verificaram uma pequena variação no valor de pH em função das taxas de ARS aplicadas. Dal Bosco, (2007) trabalhando com a aplicação de ARS (0, 50, 100 e 150 $m^3 ha^{-1}$) na cultura da soja verificou que não houve diferença estatística no pH do solo entre os tratamentos.

Sediyama et al. (2000) verificaram que a incorporação de matéria orgânica nos solos, na forma de esterco animal ou de compostos orgânicos, aumenta a capacidade de troca catiônica, diminui a densidade aparente e aumenta a porosidade. Ceretta et al. (2003) afirmaram que a possibilidade de alteração no pH do extrato aquoso do solo com a aplicação de ARS é mínima e observaram que o pH praticamente não sofreu alteração quando da aplicação de duas taxas de ARS (20 e 40 m³ ha⁻¹) em solo de pastagem.

Basso (2003) afirmou que aplicações contínuas de ARS podem ocasionar desequilíbrio dos nutrientes no solo. A severidade do problema pode variar de acordo com o tempo de aplicação, composição e quantidade de ARS aplicada. O tipo de solo e a capacidade de extração das plantas também são fatores que influenciam nas consequências da aplicação de ARS.

4.2 ANÁLISES PARA AMÔNIA (NH₄⁺), FORMAS NÍTRICAS (NO₃⁻ NO₂⁻) E MACRONUTRIENTES DO SOLO

Na tabela 14 são apresentados os valores médios para o teor de amônia (NH₄⁺), nitrato nitrito (NO₃⁻ NO₂⁻) e dos macronutrientes sob tratamento de água residuária de suinocultura no solo e os valores destes mesmos elementos quando da caracterização área experimental e da ARS utilizada.

As médias encontradas para a amônia (NH₄⁺), nitrato nitrito (NO₃⁻ NO₂⁻) e os macronutrientes fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), na primeira aplicação não diferiram significativamente em relação aos valores encontrados na área experimental e na caracterização da ARS utilizada, porém observa-se que na primeira aplicação de ARS os maiores valores para o NH₄⁺ aparecem quando as parcelas receberam o T3 (80 m³ ha⁻¹) de ARS, no caso do NO₃⁻ NO₂⁻), o T5 (160 m³ ha⁻¹) e para os macronutrientes, cálcio e fósforo o T6 (200 m³ ha⁻¹); para o magnésio, T5 (160 m³ ha⁻¹). Com exceção do potássio todos os outros elementos analisados tiveram concentrações maiores que as observadas na caracterização da área experimental. Tal fato pode ser justificado pela grande homogeneidade presente na matéria orgânica da ARS utilizada.

Tabela 14. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na primeira aplicação

Área experimental	NH ₄	NO ₃ ⁻ :NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³		
	12,25	11,55	20,72	4,12	17,75	43,75
1ª ARS	N Total	NO ₃ ⁻ :NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
	mg L ⁻¹			mg L ⁻¹		
	2151,3	71,1	25,82	1160	630	837
Tratamentos (m ³)	NH ₄	NO ₃ ⁻ :NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
1ª Aplicação	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³		
0	19,25a	29,17a	28,14a	4,17a	19,05a	50,30a
40	19,25a	38,50a	28,69a	3,73a	23,14a	49,03a
80	25,67a	44,33a	22,34a	3,10a	18,63a	47,77a
120	22,17a	35,00a	26,25a	3,63a	18,45a	46,00a
160	20,42a	56,00a	32,58a	3,50a	25,73a	54,23a
200	19,83a	51,33a	37,53a	3,91a	23,11a	54,43a

“a” as médias apresentadas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 15 apresentam-se os valores médios para os teores de amônia, nitrato e nitrito e macronutrientes presentes no solo após a segunda aplicação de ARS, comparando-os aos valores da primeira aplicação.

Tabela 15. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na segunda aplicação

Tratamentos (m ³)	NH ₄	NO ₃ ⁻ :NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³		
0	19,25	29,17	28,14	4,17	19,05	50,30
40	19,25	38,50	28,69	3,73	23,14	49,03
80	25,67	44,33	22,34	3,10	18,63	47,77
120	22,17	35,00	26,25	3,63	18,45	46,00
160	20,42	56,00	32,58	3,50	25,73	54,23
200	19,83	51,33	37,53	3,91	23,11	54,43
2ª ARS	N Total	NO ₃ :NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
	mg L ⁻¹			mg L ⁻¹		
	582,4	2,8	29,55	581,1	14,1	9,2

Tratamentos (m ³) 2 ^a	NH ₄	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
Aplicação	mg dm ⁻³		mmolc dm ³			
0	15,80a	22,17a	7,10a	3,30a	14,00a	40,67a
40	14,63a	19,83a	24,67a	5,23a	15,67a	37,67a
80	16,97a	16,33a	9,23a	2,83a	14,33a	38,33a
120	13,47a	17,50a	8,00a	4,57a	15,33a	47,00a
160	13,47a	19,83a	9,20a	3,67a	14,00a	42,33a
200	13,47a	17,50a	13,13a	4,40a	19,00a	43,67a

Letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 16 são apresentados os valores para os elementos do solo após a terceira aplicação de ARS em comparação aos valores encontrados na segunda aplicação e a ARS utilizada.

Tabela 16. Valores médios para macronutrientes e formas nítricas do solo na terceira aplicação

Tratamentos (m ³) 2 ^a	NH ₄	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
Aplicação	mg dm ⁻³		mmolc dm ³			
0	15,80	22,17	7,10	3,30	14,00	40,67
40	14,63	19,83	24,67	5,23	15,67	37,67
80	16,97	16,33	9,23	2,83	14,33	38,33
120	13,47	17,50	8,00	4,57	15,33	47,00
160	13,47	19,83	9,20	3,67	14,00	42,33
200	13,47	17,50	13,13	4,40	19,00	43,67
3 ^a ARS	N Total	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹			
	413,0	26,3	14,47	410,0	19,3	13,7
Tratamentos (m ³) 3 ^a	NH ₄	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻	P	K	Mg	Ca
Aplicação	mg dm ⁻³		mmolc dm ³			
0	16,97a	20,47a	27,83a	3,93a	20,33a	44,00a
40	11,13ab	19,30a	24,40a	3,40a	14,67a	42,67a
80	11,13ab	21,63a	27,70a	2,60a	19,67a	48,33a
120	11,13ab	20,47a	20,10a	2,93a	16,33a	39,33a
160	9,97b	22,80a	18,83a	2,87a	17,00a	40,00a
200	9,97b	21,63a	22,00a	3,47a	17,33a	38,67a

“a”; “ab” não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Nota-se que após a terceira aplicação de ARS, as médias encontradas não diferiram estatisticamente, porém é observado variações nas concentrações de alguns elementos. Os maiores teores de nitrato foram observados nas parcelas que receberam o T5 ($160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). O fósforo, já o cálcio apresentou suas maiores concentrações nas parcelas que receberam o T3 ($80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), observando-se pequenas variações entre os tratamentos.

Para a NH_4 , observa-se que as que receberam T2, T3 e T4 não foram suficientemente diferentes, ou seja, não diferem estatisticamente dos outros tratamentos.

A Tabela 17 apresenta o resumo da análise de variância dos valores médios para os teores de amônia (NH_4^+), nitrato ($\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e Cálcio (Ca), após as aplicações de água residuária de suinocultura. É possível verificar os valores de F e coeficiente de variação. Observa-se que para a maioria dos parâmetros os valores de F não foram significativos para os fatores analisados a 5%.

A amônia (NH_4) nas duas primeiras aplicações não apresentou valor significativo somente na terceira aplicação é que houve significância a 5%, tendo um coeficiente de variação médio (CV 21,12). Os teores de nitrato no solo não variaram em função do aumento nas doses de ARS. O coeficiente de variação (CV) para os teores de nitrato foi considerado baixo na primeira aplicação (CV 6,77) e médio para a segunda e terceira aplicação (CV 20,52; 15,68), respectivamente, indicando média e baixa homogeneidade (PIMENTEL GOMES, 2000).

Na segunda aplicação houve um ligeiro aumento nos teores de nitrato e em seguida diminuição para a terceira aplicação, o que permite inferir em alta mobilidade do nitrato que segundo Ceretta et al. (2003) a alta mobilidade destas formas nítricas devido a baixa energia envolvida na sua adsorção às partículas do solo pode resultar em perdas destes nutrientes.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para formas nítricas e macronutrientes do solo após as aplicações de ARS

1ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
NH_4	0,8240 ns	22,49
$\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$	0,5457 ns	6,77
P	0,3040 ns	56,44

K	0,0975 *	54,81
Mg	0,3116 ns	4,80
Ca	0,4555 ns	18,08
2ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
NH ₄	12,000 ns	15,95
NO ₃ ⁻ /NO ₂ ⁻	0,9182 ns	20,52
P	1,4619 ns	79,41
K	1,2831 ns	34,04
Mg	0,7318 ns	25,03
Ca	0,5534 ns	19,54
3ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
NH ₄	3,4000 *	21,12
NO ₃ ⁻ /NO ₂ ⁻	0,4125 ns	15,68
P	0,3367 ns	47,48
K	0,6504 ns	32,76
Mg	0,3601 ns	34,78
Ca	1,0277 ns	14,79

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .01$); “ns” indica que o valor de F não é significativo ao nível de 5% de significância; CV = coeficiente de variação

Segundo BAYER (1996), a mineralização do N orgânico do solo e das culturas é afetada por diversos fatores como temperatura e umidade e ainda pH, textura e mineralogia do solo, o que pode explicar os teores de nitrato não se apresentarem tão altos, considerando os períodos de temperatura baixas e intensas precipitações durante a realização do estudo. A lixiviação de nitrato para camadas profundas do solo, em que a planta não consegue absorver o nitrogênio e as possibilidades de contaminação das águas subterrâneas também foram evidenciadas por ANAMI et al. (2008) e MIYAZAWA et al. (2009).

Ingrid et al. (1997), confirmaram que doses de 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ de ARS, resultou em um significativo acúmulo de nitrato na zona radicular de centeio com perda de nitrogênio. No entanto, os autores mostraram que as perdas de azoto para escoamento pode atingir 93,341 kg ha⁻¹ sob irrigação e aplicação repetida a dose recomendada, podendo ocasionar contaminação do solo e da água. Chang e Entz (1996) avaliaram o efeito do uso anual de águas residuais de bovino na agricultura em longo prazo e mostram que os níveis de aplicação e precipitação afetaram as concentrações de nitrato no solo.

Os valores de F para o fósforo não foram significativos a 5%, apesar de não significativos, observa-se uma pequena variação na segunda aplicação, cujo coeficiente de variação foi de 79,41%, indicando que os dados não são homogêneos segundo PIMENTEL

GOMES (2000). É possível observar um decréscimo na segunda aplicação provocando um aporte de fósforo no solo, em relação ao período inicial do estudo, podendo ser justificado pelo fato de que o fósforo por ser de origem orgânica e de fácil decomposição acumula primeiramente na forma orgânica e, em seguida, converte-se em inorgânico, devido à mineralização microbiana (GABOTINI et al., 2008). Smanhotto (2008) e Meneghetti (2010), aplicando água residuária de suinocultura observaram eventos semelhantes a este, onde os teores de fósforos aumentaram e em seguida decresceram no final do ciclo, evidenciando um aporte de fósforo no solo.

Conforme Ceretta et al. (2005), o P apresenta uma baixa mobilidade no solo, podendo apresentar um alto potencial de acúmulo, especialmente em camadas superficiais. Por isso, deve-se monitorar o acúmulo desse elemento presente no solo. Para Berwanger, Ceretta & Santos (2008), o incremento na disponibilidade de fósforo será tanto maior quanto menor for a quantidade desse nutriente exportada pelas culturas e menor a capacidade de absorção do solo.

A concentração de fósforo no solo foi menor na época de avaliação em que a intensidade de precipitação no período das aplicações foi maior, como é o caso da segunda aplicação. Dieter (2009) verificou também que a concentração de fósforo no solo foi menor em parcelas onde a precipitação foi maior. Isso se deve ao fato de que altas precipitações proporcionam melhor aplicação de água no tempo e com maior energia, provocando maior volume de escoamento superficial e quantidade de solo erodido, conseqüentemente, maior remoção de fósforo do solo. Aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura em altas doses, podem a médio ou longo prazo resultar em acúmulo de fósforo no solo.

No que diz respeito ao potássio (K), mesmo considerando as altas concentrações de K nas ARS usadas, nota-se que na primeira aplicação de ARS o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade, já para as demais aplicações, os valores de F não foram significativos para os fatores analisados a 5%. O coeficiente de variação (CV) para os teores de potássio foi considerado alto nas três aplicações de ARS (54,81, 34,04 e 32,76), respectivamente, indicando heterogeneidade entre os dados apresentados (PIMENTEL GOMES, 2000).

Os valores médios para o teores de potássio encontrados nesse trabalho variaram entre 2,60 a 5,23 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, valores bem maiores quando comparados aos encontrados por Prior (2008), que foram de 1,34 a 3,70 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, e semelhante aos encontrados por Meneghetti (2010), onde os valores médios variaram de 0,14 a 0,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Dessa forma, solos que

receberam maiores dosagens de ARS, houve alterações nas concentrações e acúmulo de potássio no solo.

Doblinski et al. (2010) trabalhando com lixiviação de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do feijão irrigado com ARS, verificaram que a mobilidade no perfil do solo é maior para o potássio, seguido do nitrogênio e do fósforo. O excesso de potássio no solo pode ter efeito negativo, provocando dispersão das argilas e ainda desequilíbrio nutricional para as plantas, além da lixiviação desses íons pelas águas das chuvas e irrigação, podendo contaminar tanto corpos de águas superficiais como subterrâneas (VILLAS BOAS et al., 2001).

Os valores de F para o Ca e o Mg não foram significativos a 5%. O coeficiente de variação para o Ca foi considerado médio (18,08, 19,54 e 14,79) para as três aplicações respectivamente. Já para o Mg o coeficiente foi considerado baixo (CV 4,80) na primeira aplicação, médio (CV 25,03) na segunda aplicação e alto na terceira aplicação (CV 34,78), indicando nesse caso baixa homogeneidade dos dados (PIMENTEL GOMES, 2000).

Oliveira (2003) classificou como alto os valores de cálcio $\geq 40,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Portanto a classificação deste solo em relação ao teor de cálcio é alta, pois se verifica que os teores variavam entre 37,67 a 54,43 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O excesso de Ca em relação ao Mg na solução do solo pode prejudicar a absorção desse último, assim como o excesso de magnésio também prejudica a absorção de cálcio, o mesmo ocorrendo com relação ao potássio (MALAVOLTA et al., 1997).

Estudo realizado num Latossolo Roxo Distroférico na região oeste do Paraná, Bosco et al. (2008) verificaram as alterações químicas no solo decorrentes da aplicação por oito anos consecutivos de ARS a uma taxa de $99 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{ano}$. Os resultados mostraram que a aplicação de ARS aumentou a concentração de cálcio de $3,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $6,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-30 cm, enquanto a concentração de magnésio aumentou de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $3,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, também na camada de 0-30 cm. A concentração de fósforo, que antes da aplicação de ARS era de $33,7 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 0-30 cm e $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 30-60 cm, aumentou para $51,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (0-30 cm) e $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$ (30-60 cm) após a aplicação. As concentrações de sódio, de matéria orgânica e de potássio, principalmente na camada de 0-30 cm, também tiveram seus valores aumentados. Verificaram ainda, que na camada de 30-60 cm não houve alteração no que diz respeito ao potássio.

Semelhante ao que ocorreu neste trabalho, Meneghetti (2010) verificou que houve aporte de Ca no solo sob tratamentos com doses crescentes de água residuária de suinocultura

em aplicação exclusiva e combinada com adubação química, em lisímetros de drenagem, nos períodos de 0, 40 e 70 DAS, porém observou-se uma pequena variação concentração de Ca até o final do experimento.

King et al. (1985), assevera que acúmulos de K , Mg e Ca, no solo que recebe altas taxas de aplicação de dejetos, pode ocasionar o deslocamento destes por lixiviação para camadas mais profundas. Quando se analisa conjuntamente esses elementos é possível observar que houve aumento em seus teores quando da aplicação de ARS.

4.3 ANÁLISES PARA OS MICRONUTRIENTES DO SOLO (MANGANÊS, COBRE, FERRO E ZINCO)

A Tabela 18 apresenta os valores médios para os teores dos micronutrientes (manganês, cobre, ferro e zinco), presentes no solo após a primeira aplicação de ARS, em comparação aos valores encontrados para esses micronutrientes na área experimental e na água residuária utilizada.

Tabela 18. Valores médios para micronutrientes do solo na primeira aplicação

Área experimental	Mn	Cu	Fe	Zn
	mg dm ⁻³			
	128,75	20,45	12	5,07
1ªARS	Mn	Cu	Fe	Zn
	mg L ⁻¹			
	24,82	12,70	177	75,00
Tratamentos (m ³) 1ª Aplicação	Mn	Cu	Fe	Zn
	mg dm ⁻³			
0	156,70a	7,87a	22,33a	5,00a
40	172,56a	8,17a	25,50a	4,99a
80	153,85a	8,10a	26,67a	5,63a
120	159,24a	7,92a	24,67a	4,93a
160	164,40a	8,25a	23,83a	5,09a
200	157,52a	8,42a	27,83a	5,72a

“a” não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Pelo resultado dos valores médios verifica-se que estes não diferiram estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém é possível observar variações nas concentrações dos micronutrientes analisados durante o

experimento. Os teores de manganês mantiveram-se altos na primeira aplicação quando comparados aos teores encontrados na caracterização da área experimental. O maior valor encontrado para o manganês foi na parcela que recebeu o T2 ($40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), sendo $172,56 \text{ mg dm}^{-3}$, valor bem acima do encontrado para este mesmo elemento na área experimental. O cobre teve uma diminuição considerável em relação às concentrações encontradas no início do experimento que era de $20,45 \text{ mg dm}^{-3}$ para $7,87 \text{ mg dm}^{-3}$, nas parcelas que receberam o T1 ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). O Fe teve sua maior concentração nas parcelas que receberam o T6 ($200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), sendo $27,83 \text{ mg dm}^{-3}$ e o zinco não variou muito em relação aos valores da área experimental que foi de $5,07 \text{ mg dm}^{-3}$ para $5,09 \text{ mg dm}^{-3}$ nas parcelas que receberam o T5 ($160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

A Tabela 19 apresenta os valores médios para os micronutrientes presentes na segunda aplicação em comparação aos valores encontrados na primeira aplicação de ARS.

Tabela 19. Valores médios para micronutrientes do solo na segunda aplicação

Tratamentos (m^3)	Mn	Cu	Fe	Zn
mg dm^{-3}				
1ª Aplicação				
0	156,70	7,87	22,33	5,00
40	172,56	8,17	25,50	4,99
80	153,85	8,10	26,67	5,63
120	159,24	7,92	24,67	4,93
160	164,40	8,25	23,83	5,09
200	157,52	8,42	27,83	5,72
mg L^{-1}				
2ª ARS	Mn	Cu	Fe	Zn
	0,04	0,13	5,62	0,40
Tratamentos (m^3)	Mn	Cu	Fe	Zn
mg dm^{-3}				
2ª Aplicação				
0	119,67a	21,20a	22,67a	5,37a
40	134,00a	23,80a	25,67a	6,23a
80	108,67a	21,77a	24,67a	6,50a
120	119,00a	23,20a	27,00a	6,10a
160	123,33a	22,37a	23,67a	6,13a
200	115,67a	21,77a	27,00a	6,00a

“a” não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os resultados apresentados mostram que apesar de não diferirem estatisticamente, houve diminuição nos teores de manganês, aumento nos teores de cobre e zinco e uma pequena variação entre os tratamentos nos teores de ferro. Nesta segunda aplicação observa-se que os maiores teores de manganês ($134,00 \text{ mg dm}^{-3}$) foram encontrados nas parcelas que receberam o T2 ($40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) assim como na primeira aplicação. Os menores valores para o manganês foram observados nas parcelas que receberam o T3 ($80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) para as duas aplicações. O cobre teve seu maior valor ($23,80 \text{ mg dm}^{-3}$) no T2 ($40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). O Fe e o Zn variaram pouco entre os tratamentos da primeira e segunda aplicação. Nota-se que os teores destes elementos na água residuária utilizada para esta aplicação foram baixos quando comparados a água residuária de suinocultura utilizada na primeira aplicação.

A Tabela 20 apresenta os valores médios para os micronutrientes presentes no solo após a terceira aplicação de ARS em comparação aos valores encontrados na segunda aplicação de ARS.

Tabela 20. Valores médios para micronutrientes do solo na terceira aplicação

Tratamentos (m^3)	Mn	Cu	Fe	Zn
mg dm^{-3}				
2ª Aplicação				
0	119,67	21,20	22,67	5,37
40	134,00	23,80	25,67	6,23
80	108,67	21,77	24,67	6,50
120	119,00	23,20	27,00	6,10
160	123,33	22,37	23,67	6,13
200	115,67	21,77	27,00	6,00
mg L^{-1}				
3ª ARS				
	0,05	0,05	1,79	0,03
Tratamentos (m^3)	Mn	Cu	Fe	Zn
mg dm^{-3}				
3ª Aplicação				
0	114,67a	26,67a	20,93a	7,80a
40	111,00a	25,33a	21,80a	7,10a
80	119,33a	27,00a	20,37a	8,63a
120	109,33a	28,33a	22,63a	6,77a
160	99,65a	37,00a	23,50a	5,77a
200	114,33a	32,33a	24,56a	7,63a

“a” não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que a água residuária de suinocultura utilizada apresentou teores de manganês, cobre, ferro e zinco bem diminuídos se comparado aos teores encontrados nas outras águas residuárias utilizadas e em muitos tratamentos da terceira aplicação houve diminuição dos teores destes elementos.

O cobre é o micronutriente em que se observa certa deficiência em solos com teores elevados de matéria orgânica, o que não foi observado neste trabalho, pois mesmo com o aumento das doses de ARS houve aumento nos teores de cobre no solo.

Na Tabela 21 é apresentado o resumo da análise de variância dos valores médios para o teor de manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) do solo, sob tratamento de água residuária de suinocultura em aplicações sucessivas, em lisímetros de drenagem.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F para os micronutrientes do solo após as aplicações de ARS

1ª Aplicação			
Parâmetro	Valores de F	CV (%)	
Mn	0,5213 ns	10,06	
Fe	1,1020 ns	13,23	
Cu	0,4208 ns	7,19	
Zn	1,0235 ns	11,14	
2ª Aplicação			
Parâmetro	Valores de F	CV (%)	
Mn	0,5263 ns	16,77	
Fe	0,5827 ns	9,98	
Cu	0,3101 ns	21,95	
Zn	0,0982 *	34,51	
3ª Aplicação			
Parâmetro	Valores de F	CV (%)	
Mn	0,6572 ns	12,85	
Fe	2,9589 ns	15,08	
Cu	3,0670 ns	7,11	
Zn	0,7194 ns	27,51	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .01$); “ns” indica que o valor de F não é significativo ao nível de 5% de significância; CV = coeficiente de variação

Observa-se na Tabela 21 que os valores de F não foram significativos ao nível de 5% de significância para os fatores analisados e que, apesar de não significativos, verifica-se pequena variação nos valores médios para os tratamentos observados nas três aplicações. Com exceção do zinco na terceira aplicação que apresentou valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação (CV) para o teor de manganês no solo foi considerado médio em todas as aplicações (CV 10,06, 16,77 e 12,85%), respectivamente. Isso indica alta homogeneidade dos dados (PIMENTEL GOMES, 2000).

O cobre apresentou coeficiente de variação baixo na primeira e terceira aplicação (CV 7,19 e 7,11%) respectivamente, e médio na segunda aplicação (CV 21,95%). O coeficiente de variação do Fe foi considerado médio na primeira (CV 13,23%) e terceira (CV 15,08%) e baixo na segunda aplicação (CV 9,98%), indicando certa homogeneidade nos dados apresentados (PIMENTEL GOMES, 2000). Já para o zinco o coeficiente de variação na primeira aplicação foi de 11,14% e 27,51% na terceira aplicação, valores considerados médio e na segunda aplicação o CV foi de 34,51%, valor alto, indicando baixa homogeneidade dos dados nesta aplicação.

Prior (2010) encontrou valores entre 3,73 a 5,31 mg L⁻¹ para teores de cobre no solo sob aplicação de ARS, verificando que o aumento nas doses de ASR não provocaram aumentos nas concentrações de cobre no solo, o que não foi observado neste trabalho, pois houve sim acúmulo de cobre no solo. Situação semelhante foi evidenciada por Meneghetti (2010), que verificou acúmulo de manganês, cobre e zinco no solo após aumento nas doses de ARS durante certo período.

Considerando fatores como, grande carga orgânica na água residuária utilizada na primeira aplicação, alta diluição da ARS utilizada na segunda aplicação, acentuado período de estiagem e grande volume de precipitação ocorrido logo após a segunda aplicação, estes podem ter contribuído para a variação nos teores dos micronutrientes analisados. A matéria orgânica é importante fonte de micronutrientes no solo, dependendo dos processos ocorridos no solo, o teor de matéria orgânica tende a diminuir e conseqüentemente acontecem limitações dos micronutrientes, que são liberados ao solo após a mineralização da matéria orgânica, principalmente daqueles que têm como principal fonte a matéria orgânica, caso do boro. O cobre é o micronutriente que com a matéria orgânica forma complexos estáveis, por isso, é comum a deficiência deste elemento em solo com teores elevados de matéria orgânica (LUCHESE et al., 2001).

Bartlett (1988) considera a disponibilidade de manganês no solo dependente principalmente do pH, do potencial de oxidorredução, da matéria orgânica, e do equilíbrio com outros cátions, principalmente ferro, cálcio e magnésio. Se comparado a classificação para solos argilosos em que Oliveira (2003), classificou como alto os valores de cobre

maiores de $1,7 \text{ mg dm}^{-3}$, pode-se afirmar que a classificação deste solo, em relação aos teores de cobre é alta.

A liberação de áreas para aplicação de dejetos brutos ou tratados deve atender primeiramente ao critério de o solo não estar contaminado com cobre (Cu) e zinco (Zn), de acordo com os teores limites de 450 e 250 mg kg^{-1} , respectivamente, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420 (2009).

Giroto et al. (2007) verificaram as alterações químicas de um Argissolo Vermelho distrófico arênico cultivado com forrageiras, acarretadas pela aplicação, ao longo de seis anos, de água residuária de suinocultura a uma taxa de 0, 115 e 130 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Observaram que aplicações sucessivas de ARS no solo ocasionaram acúmulo de Cu e Zn nas camadas superficiais, com tendência de transferência para camadas mais profundas. Entretanto, independente da dose utilizada e da camada de solo considerada, não houve contaminação do solo, comparando valores de Cu e Zn encontrados no solo, com os valores preconizados pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo).

Dentre os metais pesados, o cobre é um dos menos móveis no solo devido a sua forte adsorção nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, na matéria orgânica o cobre é retido formando complexos mais estáveis, principalmente pela ação dos ácidos flúvicos e húmicos (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Smanhotto et al. (2010), analisando cobre e zinco no solo com a aplicação de ARS em solo cultivado com soja, observaram que o cobre no solo não apresentou diferenças significativas com a aplicação de ARS e adubação, enquanto as concentrações de zinco no solo foram influenciadas pelas taxas aplicadas de ARS.

Oliveira (2003), classificou os solos argilosos como altos os valores de ferro maiores que 40 mg dm^{-3} e médios os valores compreendidos entre 15 e 40 mg dm^{-3} . No entanto, neste experimento a maior concentração de ferro encontrada no solo após as aplicações de ARS foi de $27,83 \text{ mg dm}^{-3}$. Tal fato pode estar associado a presença do fósforo no solo, pois este inibe a absorção de ferro, formando complexos insolúveis, ou ainda o desequilíbrio em relação ao cobre na primeira e terceira aplicação de ARS que pode ter afetado a sua disponibilidade às plantas.

4.4 ANÁLISE DO PERCOLADO

A Tabela 22 apresenta os valores médios encontrados para o nitrogênio, fósforo, magnésio, potássio, cálcio, manganês, cobre, ferro e zinco presentes no material percolado

coletado, além dos valores aceitáveis segundo a legislação ambiental para cada um desses elementos. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões para utilização das mesmas.

Tabela 22. Valores médios para nitrogênio, fósforo, magnésio, potássio, cálcio, manganês, cobre, ferro e zinco presentes no material percolado

Parâmetros	N	P	Mn	Cu	Fe	Zn
VMP ((mg L ⁻¹))	13,3	0,05	0,05	0,013	5,0	5,0
1 ^a aplicação						
Tratamentos (m ³)	N	P	Mn mg L ⁻¹	Cu	Fe	Zn
0	1,75a	0,30a	0,13a	0,08a	0,04a	0,08a
40	1,22a	0,32a	0,09a	0,05a	0,18a	0,01a
80	1,05a	0,28a	0,13a	0,05a	0,11a	0,01a
120	1,46a	0,40a	0,09a	0,05a	0,05a	0,01a
160	1,14a	0,18a	0,13a	0,06a	0,03a	0,02a
200	1,4a	1,02a	0,10a	0,05a	0,18a	0,05a
2 ^a aplicação						
0	12,13a	0,34a	0,05a	0,01a	0,03a	0,01a
40	6,42a	0,09a	0,07a	0,02a	0,04a	0,01a
80	12,25a	5,37a	0,05a	0,01a	0,05a	0,01a
120	5,25a	0,15a	0,03a	0,01a	0,05a	0,01a
160	15,98a	0,10a	0,15a	0,01a	0,05a	0,03a
200	11,08a	5,50a	0,14a	0,02a	0,05a	0,01a
3 ^a aplicação						
0	5,25a	0,25a	0,03a	0,01a	0,09a	0,01a
40	4,67a	0,13a	0,02a	0,02a	0,16a	0,01a
80	10,50a	4,37a	0,09a	0,01a	0,12a	0,03a
120	12,95a	0,58a	0,16a	0,01a	0,35a	0,02a
160	5,25a	0,78a	0,18a	0,02a	0,30a	0,06a
200	5,78a	1,97a	0,04a	0,00a	0,41a	0,04a

VMP = Valor Máximo Permitido, expresso em mg L⁻¹ (Resolução N°357 CONAMA, 2005)

Na Tabela 23, é apresentado o resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio, fósforo, manganês, cobre, ferro e zinco no material percolado, em função dos tratamentos com ARS. Observa-se que, para o nitrogênio, fósforo, manganês, ferro e zinco, o valor de F não foi significativo para nenhum dos fatores avaliados, exceto para o cobre na primeira aplicação que se mostrou significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 23. Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F da concentração de nitrogênio, fósforo, manganês, cobre, ferro e zinco (mg L^{-1}) para o material percolado dos lisímetros sob tratamento de ARS

1ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
N	0.4419 ns	84.39
P	0.7808 ns	142.23
Mn	0.4557 ns	49.24
Cu	0.0415 **	39.70
Fe	0.8721 ns	140.59
Zn	2.0430 ns	107.22
2ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
N	0.4496 ns	98.45
P	0.9598 ns	250.09
Mn	0.6793 ns	136.49
Cu	1.3600 ns	51.60
Fe	0.3204 ns	51.79
Zn	0.9231 ns	90.14
3ª Aplicação		
Parâmetro	Valores de F	CV (%)
N	0.3350 ns	110.82
P	0.7313 ns	230.36
Mn	0.4587 ns	211.40
Cu	0.6000 ns	244.95
Fe	0.5474 ns	159.97
Zn	0.7464 ns	222.79

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); “ns” indica que o valor de F não é significativo ao nível de 5% de significância; CV = coeficiente de variação

De acordo com a Resolução N° 357 CONAMA (2005) as águas doces pertencentes à Classe III se destinam ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; a pesca amadora; a recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais, apresentam limites individuais para cada substância presente na sua composição. A concentração elevada dessas substâncias pode conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de

comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como restringir os usos preponderantes previstos.

Considerando a Resolução N° 396 do CONAMA (2008) , e de acordo com a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que visa assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental por meio da racionalização do uso dos meios, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e ainda a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, particularmente em seus artigos 9° e 10, que tratam do enquadramento dos corpos de água em classes, ratifica que cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de água para proceder ao enquadramento dos recursos hídricos segundo os usos preponderantes e a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e onerosa.

A Tabela 24 apresenta alguns parâmetros, bem como seus usos preponderantes e o limite máximo permitido desses parâmetros, específico para cada uso da água subterrânea.

Tabela 24. Parâmetros com probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas

Parâmetros	Usos Preponderantes da Água				Limite de Quantificação Praticável - LQP*
	Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação	
Manganês	100	50	200	100	25
Cobre	2.000	500	200	1.000	50
Ferro	300	----	5.000	300	100
Zinco	5.000	24.000	2.000	5.000	100

*Valores expressos em mg L⁻¹

Fonte: Resolução N° 396 do CONAMA (2008)

Desta forma observa-se que os valores encontrados para o nitrogênio nas parcelas que receberam o T5 (160 m³ ha⁻¹), na segunda aplicação foram maiores (15, 983 mg L⁻¹) que o estabelecido pela legislação (13,3 mg L⁻¹). O fósforo apresentou concentrações altas em todas as parcelas de todas as aplicações, variando de 0,10 mg L⁻¹ na parcela que recebeu o T5 a 5,50 mg L⁻¹ na parcela que recebeu o T6 (200 m³ ha⁻¹) , ambos da segunda aplicação. O manganês teve sua maior concentração (18 mg L⁻¹) na parcela que recebeu o T5 na terceira aplicação, valor acima do limite estabelecido pela Resolução N° 357 do CONAMA (2005), que é de 0,05 mg L⁻¹. O cobre também apresentou variações em seus valores, tendo suas

maiores concentrações nos tratamentos da primeira aplicação, valores que variaram entre 0,05 a 0,08 mg L⁻¹. O cobre, o ferro e o zinco tiveram suas concentrações dentro dos valores máximos permitidos para estes elementos nas parcelas estudadas. O cobre e o zinco tiveram atuação semelhante na primeira aplicação, onde a disponibilidade de matéria orgânica foi maior em virtude da água residuária utilizada.

Os valores de F encontrados não foram significativos para os parâmetros estudados nas três aplicações, com exceção do cobre na primeira aplicação que foi significativo ao nível de 1%. Os coeficientes de variação de todos os parâmetros analisados foram considerados altos (>30%), indicando grande variabilidade dos dados apresentados.

Quando da comparação dos valores encontrados com os valores máximos permitidos pela Resolução N^o 396 do CONAMA (2008), nenhum dos parâmetros analisados extrapola os valores permitidos por esta Resolução, o que indica poucas possibilidades de poluição das águas subterrâneas, porém tal fato pode ser alterado caso as aplicações de água residuária de suinocultura sejam frequentes.

Segundo Sousa & Lobato (2002), solos argilosos possuem menor capacidade de armazenamento de água, desta forma há menor percolação de água nestes solos, o que explica o fato de que em algumas parcelas, o percolado foi insuficiente para ser mensurado mesmo considerando as precipitações que ocorreram após cada uma das aplicações de água residuária de suinocultura e a manutenção periódica das calhas coletoras do material percolado. Outra explicação para este fato está no intervalo de tempo entre a ocorrência da precipitação e a coleta do material percolado que foi de aproximadamente de quatro a cinco dias, período que pode ter sido insuficiente para que ocorresse a percolação e que possibilita novos estudos sobre esta observação.

Araújo et al. (2010), analisaram a quantidade de água percolada no solo com aplicação de dejetos suínos e verificaram que durante o experimento a quantidade de água percolada foi pequena em relação a precipitação, cerca de 35% do volume precipitado foi percolado, concluindo que as perdas de água por percolação não são influenciadas pelos volumes de água residuária de suinocultura. Neste trabalho a precipitação observada durante o experimento variou de 44,4 a 358,4 mm.

Maggi et al. (2011), verificaram que as concentrações de nitrogênio total no percolado não foram influenciadas pela aplicação de água residuária de suinocultura e nem pela adubação. Resultados semelhantes foram encontrados por Smanhotto (2008) aplicando ARS em solos cultivados com soja, em que não observou diferenças significativas nas

concentrações de nitrogênio no percolado com aplicação de água residuária de suinocultura e adubação, bem como para interação adubação e ARS.

Santos (2010) não detectou P no percolado analisado, sendo este um resultado inesperado para os estudos, especialmente quando consideradas as unidades experimentais que receberam as maiores doses de dejetos líquidos de suinocultura das unidades de terminação. Hooda et al. (1999), encontraram concentrações de 2,5 e 1,8 mg L⁻¹ de fósforo em área de pastagem natural cultivada com trevo, após três aplicações de dejetos líquidos de suinocultura.

A criação de animais, principalmente da suinocultura, de forma intensiva e a falta de planejamento estratégico para o manejo e destinação adequada dos resíduos gerados pela atividade, são os grandes responsáveis pela poluição de águas superficiais e subsuperficiais. Ceretta et al. (2003), asseveram que a demanda de nitrogênio pelas plantas se repete após cada cultivo, ao contrário do fósforo, e devido a uma aplicação sucessiva de água residuária de suinocultura nas áreas produtivas, ocasionam aumento nos teores de fósforo no solo. O excesso de fósforo nos solos traz grandes preocupações de ordem ambiental, pela possibilidade de desencadear o processo de eutrofização de águas superficiais (SHIGAKI et al., 2006)

O manganês tem sua disponibilidade no solo influenciada principalmente pelo pH, além da matéria orgânica e do equilíbrio com outros cátions. Quando o pH do solo diminui o H⁺ e Al³⁺ competem com o manganês pelos sítios de troca, aumenta a solubilidade do manganês em solução. As concentrações dos teores de Fe variaram muito em relação aos demais micronutrientes, fato este que se explica pela homogeneidade da ARS aplicada no início e o acúmulo desta no final do experimento, combinado ainda com a incidência das precipitações.

Smanhotto et al. (2010) concluíram que o cobre presente no solo não apresentou diferenças com a aplicação de ARS e adubação, enquanto as concentrações de zinco no solo foram influenciadas pelas taxas aplicadas de ARS, sendo as maiores concentrações verificadas nas maiores taxas de 200 e 300 m³ ha⁻¹, verificaram ainda que as transferências de cobre e zinco por percolação foram pouco expressivas, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

Soares e Barros et al. (2003), concluíram que os percolados dos solos de texturas médias, por apresentarem as maiores concentrações de zinco e cobre, denotaram maior potencialidade de poluição do lençol freático. O inverso foi observado para os percolados dos solos argilosos. Os solos argilosos apresentaram maior eficiência no tratamento integrado,

diminuindo o potencial poluente das águas residuárias de suinocultura aos mananciais. Santos (2010) asseverou que as maiores concentrações de zinco e manganês no percolado do solo argiloso aumentaram significativamente com o incremento das doses de água residuária de suinocultura aplicadas.

Em se tratando da aplicação de água residuária de suinocultura em solo agrícolas, estas devem ser fracionadas de modo a se considerar as diferentes fases do desenvolvimento das culturas, as características do solo e da própria água residuária.

5. CONCLUSÕES

Os estudos realizados nesta pesquisa mostraram que o aumento das doses de água residuária acima de $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ de suinocultura no solo influenciam no aumento da concentração de alguns elementos indispensáveis para a manutenção do solo como pH, MO, acidez potencial, nitrato e fósforo.

As concentrações de fósforo e manganês encontradas no percolado ficaram acima do valor máximo permitido pela legislação ambiental para esses elementos em águas doces pertencentes a Classe 3. Os resultados obtidos permitiram verificar que para a adubação de culturas principalmente as que possuem alta capacidade de extração de nutrientes, o comportamento dos macronutrientes e micronutrientes presentes no solo e na água residuária, a precipitação e a temperatura são fatores que devem ser considerados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ACHTEN, W. M. J.; VERCHET, L.; FRANKERN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**. Oxford, v.32, p. 1063-1084, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the examination of water and wastewater** 20. Ed., Washington, 1998. 1157p.

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; FRIGO, E. P.; SUSZEK, M. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. **Irriga**. Botucatu, v. 12. P. 192-201, abril-junho, 2007

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; QUEIROZ, 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 – PB. Irriga. Botucatu, v. 12. n.1 p. 75-80, 2008.

ANUALPEC - **Anuário da Pecuária Brasileira**. 2011. Ed. Agra FNP Pesquisas Ltda, 368p.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de Pereira, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p. 789 – 799 jan/abr. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Relatórios sobre Carne Suína Brasileira**. São Paulo. 2011.

BAKSH, A.; KANWAR, R.S. & KARLEN, D.L. Effects of liquid swine manure applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soils in Iowa. **Agric. Ecol. Environ.**, 109:118-128, 2005

BARTHEL, L. **Lagoas de alta taxa, maturação e aguapés em sistema de tratamento de dejetos suínos: avaliação de desempenho e dinâmica planctônica**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 175 p. 2007

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II – Perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1305 – 1312; 2005.

BENETTI, J. E.; FIORENTIN, M.; LAVARDA, C. E. F. Diagnóstico da gestão ambiental à luz do Tratado de Kyoto: o caso da unidade produtora de leitões. **Revista de Contabilidade e Controladoria**. Curitiba, v.3, n.1, jan. 2011.

BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas, Socioeconômicas e Ambientais**. 2. ed. Foz

do Iguaçú: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. **Secretaria da Agricultura Familiar**. Brasília, 2012.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. da; PEDROSA, E. F. Qualidade do percolado de solos que receberam vinhaça em diferentes doses e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.3; p. 318 – 321. 2007.

CAMPELO, P.L.G. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo..** 55f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 1999

CASTAMANN, A. 2005. **Aplicação de dejetos líquidos de suíno na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo**. Passo Fundo. Dissertação Mestrado em Agronomia. Universidade de Passo Fundo, Brasil.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Característica química de solo sob aplicação de esterco líquido de suíno em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.6, p729-735, jun 2003.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, nov-dez, 2005

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. 2001

CONAMA - COMANA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 357, Março de 2005.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/05. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

CONAMA - COMANA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 396, Abril de 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, 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

DIETER, Jonathan. **Poluição difusa por fósforo devido a aplicação de água residuária da suinocultura sob condição de chuva simulada**. Dissertação (Mestrado). Universidade

Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária "Sistema Brasileiro de Classificação de Solos", 412 p. 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Nutrição de Suínos**, 2012.

FAIRLESS, D. The little shrub that could maybe. **Nature**. London, v.449, p. 652-655. 2007.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema SISVAR para análise estatística**. Lavras: UFLA, 2000. 63 p.

FLOTATS, X.; BONMATI, A.; FERNANDEZ, B.; MAGRI, A. Manure treatment technologies: on farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. **Bioresource Technol**, v. 100, n. 22, p. 5519 – 5526. 2009.

GIROTTO, E. Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GODOS, I.; BLANCO, S.; GARCÍA-ENCINA, P. A.; BECARES, E.; MUÑOZ, R. Long-term operation of high rate algal ponds for the bioremediation of piggery wastewaters at high loading rates. **Bioresource Technology**, v.100, p.4332-433, 2009

GOSMANN, H.A. **Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenagem e valorização dos dejetos de suínos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 115p. Dissertação de Mestrado

HIRATA, R. C. A. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA W. et al. (Org). Decifrando a terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p 421 - 442.

HOODA, P. S.; MOYNAGH, M.; SVOBODA, F. I.; EDWARDS, C. A.'ANDERSON. A. H. & SYM, G. Phosphorus loss in drainflow from intensively managed grassland soils. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.28, n.4, p.1235-1242, 1999.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 35, p.1-62, 2010.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006: **Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura**. Curitiba, 2009.

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

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica

KUMAR, A.; SHARMA. S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.) a review. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 28, p. 1-10. 2008

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

LAIME, E. M.O.; SILVA, A. S.; FREIRE, E. A.; LIMA, V. L. A.; OLIVEIRA, D. C. S.; Crescimento inicial do pinhão manso submetido a diferentes níveis de água e doses de adubação nitrogenada. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 154-162, jul./set. 2011

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; SANTOS, E.J.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1033-1044, 2004

McDOWELL, R.; SHARPLEY, A.; FOLMAR, G. Phosphorus export from an agricultural watershed: Linking source and transport mechanisms. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.30, p.1587-1595, 2001

MENEGUETTI, Adriana Maria. **Aspectos ambientais e agronômicos da cultura do minimilho sob aplicação de água residuária de suinocultura tratada após lagoa de estabilização**. Tese (doutorado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola. 2010.

NUNES, C. F.; SANTOS, D. N.; PASQUAL, M.; VALENTE, T.C.T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.2, p.207-210. 2009.

OLIVEIRA, P. A. V.; COSTA, R. H. R. da; TROGLIO, J. Lagoons for treatment of waste products from hogs: example of Coopercentral. In: INTERNATIONAL SPECIALIST CONFERENCE AND WORKSHOP OF WASTE STABILIZATION PONDS TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, 1995. **Anais**. João Pessoa, p. 164-177.

OLIVEIRA, W. Uso de água residuária de suinocultura em pastagens da *Brachiaria Decumbens* e *Gramma Estrela Cynodom Plesctostachym*. Piracicaba, 2006. 104p.

PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Agroenergia: A Revolução Que Começa no Campo**. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/plataforma/agroenergia>>.

_____. **Geração Distribuída: Solução Para a Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/plataforma/geracao-distribuida>>. Acesso em: 16 nov. 2011.

PANDOLFO, C.M.; VEIGA, M.; CERETTA, C. A. Alterações em características químicas do solo, em cinco sistemas de manejo, com aplicação de diferentes fontes de nutrientes (ano 6). FERTBIO 2002. Rio de Janeiro: SBCS

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**. Curitiba, 2007, 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná – UFPR

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, 9, 2001. Gramado. **Anais...** Gramado, p. 25-38, 2001. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo).

RAIJ, B. B.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2001. 285p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2006

REUBENS, B.; ACHTEN, W.M.J.; MAES, W. H.; DANTON, F. AERTS, R.; POESEN, J.; MUYS, B. More than bioduel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potencial for soil erosion control. **Journal of Arid Environments**. London, v.75, p.201-205. 2004.

SANTOS. R. C.; Aplicação de dejetos líquidos de suínos em solos: aspectos biológicos e químicos do percolado. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. Programa de Pós graduação em Ciência do Solo. 2010.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, S. 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. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v.30, n.2, p.346-357, mar/abr.2010.

SCHERER, E.E. **Utilização de dejetos de suínos como fonte de nitrogênio**: bases para adubação dos sistemas milho/feijão e feijão/milho, em cultivos de sucessão. Florianópolis: EPAGRI, 1999.

SEGANFREDO, M. A.; GIOTTO, A. F. O impacto econômico do tratamento dos dejetos em unidades terminadoras de suínos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – EMBRAPA, Dez. 2004 – Comunicado Técnico 375. Concórdia – SC.

SHARPLEY, A.N. & HALVORSON, A.D. The management of soil phosphorus availability and its transport in agricultural runoff. In: LAL, R., ed. Soil processes and water quality. **Boca Raton, Lewis Publishers**,. p.1-84. 1994

SHARPLEY, A.N.; McDOWELL, R.W.; KLEINMAN, P.J.A. Phosphorus loss from land to water: Integrating agricultural and environmental management. **Plant and Soil**, v.237, p.287-307, 2001

SMITH, D.R.; MOORE, P.A; MAXWELL, C.V.; HAGGARD, B.E.; DANIEL, T.C. Reducing phosphorus runoff from swine manure with dietary phytase and aluminum chloride. **Journal Environmental Quality**. Madison, v.33, p.1048-1054, 2004.

SUSZEK, M. Efeitos da inoculação na compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos verdes urbanos. 2005, 77p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola_ - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR.

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

TESSARO, D. **Efeito da aplicação de efluente do tratamento secundário de água residuária da suinocultura na meso e macrofauna de solo cultivado com minimilho**. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

TUCCI, C.E.M. & CABRAL, J. 2003. Qualidade da Água Subterrânea. **Centro de Gestão de Estudos Estratégicos**. 53 p.

UNESCO - United Nations Educational and Scientific Organization. **Ground Water**, 2012.

United States Department of Agriculture – USDA. Agriculture. 2011. Disponível em: <<http://www.usda.gov/documents/Results-Ag-Production.pdf>> Acesso em 23mar2012

United States Department of Agriculture - USDA. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> > Acesso em 23abr2012

VEIGA, M.; PANDOLFO, C.M. Perfil de pH e de disponibilidade de nutrientes no solo, após seis anos de aplicação superficial de dejetos líquido de suínos. **VII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**. Santa Maria: SBCS-NRS, 2008

VELHO, Viviane Furtado. **Utilização de reservatórios de estabilização para polimento e reúso de efluente proveniente de sistema de tratamento de dejetos suínos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2011

YE, M.; LI, C.; FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. **Agroforestry Systems**. Dordrecht v. 76, p. 487-497. 2009.

APÊNDICE A

Tabela 10 – Resultado das análises de solo – Acidez, pH e matéria orgânica

Aplicação	Tratamento	pH	Média	MO	Média	Al	Média	H+Al	Média
1	1	5.29		24.17		2.50		61.35	
1	1	6.11		26.22		0.00		37.84	
1	1	5.76	5.72	32.15	27.51	0.00	0.83	50.25	49.81
1	2	5.51		28.96		1.25		50.78	
1	2	5.54		23.94		0.83		51.86	
1	2	6.65	5.90	24.40	25.76	0.00	0.69	26.75	43.13
1	3	5.73		26.68		0.42		44.76	
1	3	5.84		24.85		0.42		44.76	
1	3	5.67	5.75	26.68	26.07	1.25	0.69	48.18	45.90
1	4	6.40		24.40		0.00		27.61	
1	4	5.24		23.48		1.67		63.31	
1	4	5.69	5.78	23.71	23.86	1.67	1.11	47.68	46.20
1	5	5.88		22.80		0.83		39.46	
1	5	6.65		25.76		0.00		27.90	
1	5	5.12	5.88	22.12	23.56	1.67	0.83	60.07	42.48
1	6	5.24		21.66		0.83		50.25	
1	6	5.73		24.85		0.42		43.38	
1	6	6.13	5.70	27.82	24.78	0.42	0.56	40.30	44.64
2	1	5.47		17.00		3.10		54.00	
2	1	5.16		18.00		4.40		56.00	
2	1	5.58	5.40	11.00	15.33	1.30	2.93	34.00	48.00
2	2	5.57		15.00		1.30		44.00	
2	2	5.30		20.00		3.10		61.00	
2	2	5.10	5.32	13.00	16.00	3.80	2.73	52.00	52.33
2	3	5.52		14.00		1.30		43.00	
2	3	5.37		16.00		2.50		43.00	
2	3	5.45	5.45	11.00	13.67	2.50	2.10	38.00	41.33
2	4	5.71		15.00		1.30		42.00	
2	4	5.46		18.00		1.90		47.00	
2	4	5.43	5.53	9.00	14.00	1.90	1.70	37.00	42.00
2	5	5.41		15.00		1.90		50.00	
2	5	5.17		18.00		2.50		50.00	
2	5	5.13	5.24	15.00	16.00	4.40	2.93	51.00	50.33
2	6	5.44		16.00		1.30		47.00	
2	6	5.85		18.00		1.90		40.00	
2	6	5.41	5.57	12.00	15.33	1.90	1.70	42.00	43.00
3	1	6.27		29.00		0.00		42.00	
3	1	6.15		26.00		0.00		41.00	
3	1	5.68	6.03	23.00	26.00	1.90	0.63	47.00	43.33
3	2	5.59		30.00		3.80		58.00	

Tabela 10 – Resultado das análises de solo – Acidez, pH e matéria orgânica

Aplicação	Tratamento	pH	Média	MO	Média	Al	Média	H+Al	Média
3	2	5.50		26.00		1.90		53.00	
3	2	5.80	5.63	28.00	28.00	1.30	2.33	39.00	50.00
3	3	6.62		31.00		0.00		25.00	
3	3	5.41		23.00		2.50		40.00	
3	3	5.47	5.83	30.00	28.00	2.50	1.67	58.00	41.00
3	4	5.44		25.00		6.30		55.00	
3	4	5.56		26.00		1.90		53.00	
3	4	5.50	5.50	19.00	23.33	3.80	4.00	49.00	52.33
3	5	5.41		22.00		3.10		39.00	
3	5	5.44		17.00		1.90		30.00	
3	5	6.17	5.67	27.00	22.00	0.00	1.67	28.00	32.33
3	6	5.59		23.00		2.50		38.00	
3	6	5.50		25.00		1.90		50.00	
3	6	5.47	5.52	21.00	23.00	3.10	2.50	54.00	47.33

APÊNDICE B

Tabela 14 – Resultados das análises de solo – Formas nítricas e macronutrientes

Aplic.	T	NH4	NO3_		P	Ca	Mg	K					
			Média	NO2					Média	Média			
1	1	22.75		28.00		14.43		36.60		12.09		0.90	
1	1	21.00		28.00		21.86		61.10		24.30		6.20	
1	1	14.00	19.25	31.50	29.17	48.14	28.14	53.20	50.30	20.76	19.05	5.40	4.17
1	2	24.50		42.00		19.59		45.90		14.34		4.10	
1	2	15.75		42.00		19.07		44.20		20.59		1.60	
1	2	17.50	19.25	31.50	38.50	47.42	28.69	57.00	49.03	34.50	23.14	5.50	3.73
1	3	22.75		42.00		11.55		47.30		18.31		2.30	
1	3	35.00		63.00		26.29		46.70		20.17		3.70	
1	3	19.25	25.67	28.00	44.33	29.18	22.34	49.30	47.77	17.41	18.63	3.30	3.10
1	4	22.75		28.00		17.53		56.30		23.20		2.10	
1	4	17.50		42.00		27.53		36.40		15.36		2.60	
1	4	26.25	22.17	35.00	35.00	33.71	26.25	45.30	46.00	16.78	18.45	6.20	3.63
1	5	19.25		52.50		11.24		51.70		18.35		2.10	
1	5	22.75		17.50		46.91		68.80		37.80		4.20	
1	5	19.25	20.42	98.00	56.00	39.59	32.58	42.20	54.23	21.04	25.73	4.20	3.50
1	6	21.00		63.00		10.62		51.10		13.04		1.93	
1	6	19.25		56.00		49.18		55.80		23.10		6.40	
1	6	19.25	19.83	35.00	51.33	52.78	37.53	56.40	54.43	33.20	23.11	3.40	3.91
2	1	12.30		21.00		9.10		42.00		14.00		5.30	
2	1	19.30		24.50		6.80		47.00		12.00		1.50	
2	1	15.80	15.80	21.00	22.17	5.40	7.10	33.00	40.67	16.00	14.00	3.10	3.30
2	2	15.80		21.00		8.80		45.00		11.00		5.30	
2	2	12.30		14.00		49.00		40.00		20.00		5.30	
2	2	15.80	14.63	24.50	19.83	16.20	24.67	28.00	37.67	16.00	15.67	5.10	5.23
2	3	19.30		14.00		8.00		42.00		17.00		3.60	
2	3	15.80		17.50		15.70		40.00		16.00		2.50	
2	3	15.80	16.97	17.50	16.33	4.00	9.23	33.00	38.33	10.00	14.33	2.40	2.83
2	4	12.30		14.00		4.70		59.00		11.00		2.40	
2	4	12.30		24.50		14.90		44.00		22.00		6.70	
2	4	15.80	13.47	14.00	17.50	4.40	8.00	38.00	47.00	13.00	15.33	4.60	4.57
2	5	12.30		17.50		9.80		42.00		13.00		5.10	
2	5	12.30		24.50		9.40		51.00		17.00		3.10	
2	5	15.80	13.47	17.50	19.83	8.40	9.20	34.00	42.33	12.00	14.00	2.80	3.67
2	6	15.80		17.50		12.10		37.00		16.00		4.20	
2	6	12.30		17.50		14.70		52.00		22.00		5.40	
2	6	12.30	13.47	17.50	17.50	12.60	13.13	42.00	43.67	19.00	19.00	3.60	4.40
3	1	19.30		26.30		48.20		49.00		25.00		4.60	
3	1	19.30		19.30		24.40		47.00		24.00		4.10	
3	1	12.30	16.97	15.80	20.47	10.90	27.83	36.00	44.00	12.00	20.33	3.10	3.93
3	2	12.30		19.30		31.90		43.00		16.00		3.60	

APÊNDICE C

Tabela 18 – Resultados das análises de solo – Micronutrientes

Aplicação	T	Mn	Média	Cu	Média	Fe	Média	Zn	Média	B	Média
1	1	132.45		8.55		23.50		4.96		0.56	
1	1	168.37		7.93		23.00		4.87		0.75	
1	1	169.27	156.70	7.12	7.87	20.50	22.33	5.18	5.00	0.30	0.54
1	2	178.47		7.74		21.00		4.96		0.64	
1	2	156.02		8.38		28.00		4.09		0.62	
1	2	183.19	172.56	8.38	8.17	27.50	25.50	5.92	4.99	0.29	0.51
1	3	147.27		8.19		28.00		5.25		0.90	
1	3	153.55		7.89		27.50		6.23		0.86	
1	3	160.74	153.85	8.21	8.10	24.50	26.67	5.42	5.63	0.49	0.75
1	4	144.35		7.27		19.50		4.58		0.51	
1	4	162.98		8.19		26.00		4.99		0.91	
1	4	170.39	159.24	8.30	7.92	28.50	24.67	5.23	4.93	0.80	0.74
1	5	149.51		8.17		24.00		4.58		0.25	
1	5	156.02		7.36		20.50		5.78		0.56	
1	5	187.68	164.40	9.22	8.25	27.00	23.83	4.91	5.09	0.43	0.41
1	6	138.51		9.00		32.50		5.27		0.27	
1	6	164.11		8.10		25.50		6.55		0.71	
1	6	169.94	157.52	8.15	8.42	25.50	27.83	5.35	5.72	0.27	0.42
2	1	103.00		20.60		19.00		5.30		0.48	
2	1	144.00		21.50		23.00		6.30		0.46	
2	1	112.00	119.67	21.50	21.20	26.00	22.67	4.50	5.37	0.42	0.45
2	2	157.00		28.40		30.00		6.70		0.59	
2	2	129.00		20.60		19.00		6.60		0.80	
2	2	116.00	134.00	22.40	23.80	28.00	25.67	5.40	6.23	0.39	0.59
2	3	101.00		20.60		19.00		4.80		0.33	
2	3	128.00		21.50		24.00		11.00		0.70	
2	3	97.00	108.67	23.20	21.77	31.00	24.67	3.70	6.50	0.34	0.46
2	4	126.00		21.50		21.00		6.30		0.40	
2	4	143.00		24.90		25.00		8.40		1.35	
2	4	88.00	119.00	23.20	23.20	35.00	27.00	3.60	6.10	0.42	0.72
2	5	112.00		21.50		20.00		5.10		0.52	
2	5	141.00		23.20		26.00		7.80		0.49	
2	5	117.00	123.33	22.40	22.37	25.00	23.67	5.50	6.13	0.47	0.49
2	6	101.00		19.80		24.00		4.90		0.53	
2	6	130.00		20.60		23.00		7.30		0.54	
2	6	116.00	115.67	24.90	21.77	34.00	27.00	5.80	6.00	0.32	0.46
3	1	126.00		29.00		19.80		10.40		0.65	
3	1	123.00		23.00		21.50		7.90		0.50	
3	1	95.00	114.67	28.00	26.67	21.50	20.93	5.10	7.80	0.47	0.54
3	2	120.00		25.00		22.40		7.40		0.56	

Tabela 18 – Resultados das análises de solo – Micronutrientes

Aplicação	T	Mn	Média	Cu	Média	Fe	Média	Zn	Média	B	Média
3	2	97.00	111.00	26.00	25.33	20.60	21.80	6.50	7.10	0.67	0.62
3	2	119.00		20.00		17.20		9.00		0.67	
3	3	100.00		26.00		21.50		6.10		0.63	
3	3	139.00	119.33	35.00	27.00	22.40	20.37	10.80	8.63	0.55	0.62
3	3	108.00		27.00		23.20		7.30		0.54	
3	4	103.00		27.00		24.10		7.10		0.58	
3	4	117.00	109.33	31.00	28.33	20.60	22.63	5.90	6.77	0.54	0.55
3	4	95.00		34.00		23.20		5.60		0.55	
3	5	88.00		42.00		24.10		4.30		0.42	
3	5	116.00	99.67	35.00	37.00	23.20	23.50	7.40	5.77	0.64	0.54
3	5	106.00		31.00		23.20		5.60		0.45	
3	6	128.00		28.00		24.90		10.90		0.66	
3	6	109.00	114.33	38.00	32.33	25.80	24.63	6.40	7.63	0.52	0.54

APÊNDICE D

Tabela 22 – Resultados das análises do percolado

T	N	Média	P	Média	Mn	Média	Zn	Média	Cu	Média	Fe	Média
1	0		0		0		0		0		0	
1	1.75		0.3		0.125		0.083		0.078		0.02	
1	0	1.75	0	0.3	0.125	0.125	0.083	0.083	0.078	0.078	0.05	0.035
2	0		0		0.11		0.014		0.071		0.5	
2	1.75		0.33		0.059		0		0.044		0.03	
2	0.7	1.225	0.3	0.315	0.115	0.09467	0.024	0.01267	0.046	0.05367	0.01	0.18
3	0.88		0.15		0.158		0.001		0.052		0.18	
3	1.05		0.3		0.065		0.008		0.044		0.14	
3	1.23	1.05	0.4	0.28333	0.156	0.12633	0.022	0.01033	0.049	0.04833	0.02	0.11333
4	2.1		0.7		0.069		0.013		0.061		0.03	
4	1.58		0.1		0.098		0.003		0.045		0.01	
4	0.7	1.46	0.4	0.4	0.088	0.085	0.001	0.00567	0.045	0.05033	0.1	0.04667
5					0.167		0.021		0.069		0.04	
5	1.58		0.08		0.067		0.014		0.049		0.04	
5	0.7	1.14	0.28	0.18	0.151	0.12833	0.014	0.01633	0.047	0.055	0.01	0.03
6	1.75		1.76		0.066		0.072		0.051		0.34	
6	1.05		0.28		0.071		0.004		0.046		0.09	
6		1.4		1.02	0.17	0.10233	0.088	0.05467	0.055	0.05067	0.1	0.17667
1	17.85		0.2		0.02		0.01		0.01		0.05	
1	8.4		0.43		0.1		0.01		0.01		0.02	
1	10.15	12.1333	0.38	0.33667	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03333
2	9.1		0.03		0.03		0.01		0.01		0.05	
2	4.2		0.2		0.02		0.01		0.02		0.03	
2	5.95	6.41667	0.05	0.09333	0.17	0.07333	0.01	0.01	0.02	0.01667	0.03	0.03667
3	28		15.88		0.06		0.01		0.01		0.08	
3	2.1		0.2		0.02		0.01		0.01		0.03	
3	6.65	12.25	0.03	5.37	0.06	0.04667	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04667
4	4.9		0.03		0.03		0.01		0.02		0.03	
4	4.55		0.28		0.03		0.01		0.01		0.08	
4	6.3	5.25	0.13	0.14667	0.02	0.02667	0.01	0.01	0.01	0.01333	0.03	0.04667
5	2.1		0.03		0.09		0.01		0.01		0.03	
5	8.75		0.23		0.04		0.01		0.01		0.03	
5	37.1	15.9833	0.03	0.09667	0.33	0.15333	0.06	0.02667	0.02	0.01333	0.08	0.04667
6	7		0.2		0.02		0.02		0.01		0.05	
6	5.25		2.24		0.03		0.01		0.02		0.07	
6	21	11.0833	14.05	5.49667	0.38	0.14333	0.01	0.01333	0.04	0.02333	0.04	0.05333
1	7.00		0.30		0.00		0.00		0.00		0.09	
1	3.50		0.20		0.05		0.01		0.00		0.08	
1		5.25		0.25		0.025		0.005		0		0.085
2	7.00		0.15		0.00		0.00		0.00		0.22	
2	3.50		0.25		0.00		0.00		0.00		0.19	

Tabela 22 – Resultados das análises do percolado

T	N	Média	P	Média	Mn	Média	Zn	Média	Cu	Média	Fe	Média
2	3.50	4.66667	0.00	0.20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.06	0.15667
3												
3	7.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.06	
3	14.00	10.50	8.74	0.00	0.18	0.09	0.06	0.03	0.01	0.005	0.17	0.115
4												
4	22.40		0.30		0.31		0.00		0.00		0.10	
4	3.50	12.95	0.85	3.30	0.00	0.155	0.00	0	0.01	0.005	0.59	0.345
5												
5	3.50		0.15		0.00		0.00		0.00		0.06	
5	7.00	5.25	1.41	0.78	0.36	0.18	0.12	0.06	0.00	0	0.54	0.3
6	7.00		0.45		0.05		0.02		0.00		0.08	
6	5.36		4.92		0.01		0.10		0.01		1.09	
6	4.97	5.78	0.55	1.97333	0.07	0.04333	0.00	0.04	0.00	0.00333	0.07	0.41333