



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL**



ADEMIR MARTINS PEREIRA JUNIOR

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Uberlândia como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental para obtenção do título de Magister Science.

Orientadora: Dra. Adriane de Andrade Silva

Coorientador: Dr. Marcos Vieira de Faria

UBERLÂNDIA, MG
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P436u Pereira Junior, Ademir Martins, 1992-
2016 Uso de água residuária de suinocultura em sistema agroflorestal /
Ademir Martins Pereira Junior. - 2016.
73 f. : il.

Orientadora: Adriane de Andrade Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Inclui bibliografia.

1. Qualidade Ambiental - Teses. 2. Poluentes - Teses. 3. Suíno -
Esterco - Teses. 4. Solos - Teses. I. Silva, Adriane de Andrade, 1972-. II.
Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em
Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 574



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL**



ADEMIR MARTINS PEREIRA JUNIOR

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Uberlândia como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental para obtenção do título de Magister Science.

Aprovada: 26 de fevereiro de 2016

Atalita Francis Cardoso

Jose Geraldo Mageste

Regina Maria Quintão Lana

Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva
(Orientadora)

UBERLÂNDIA, MG
2016

Dedico este Mestrado aos meus pais, Cristiane Mendonça Gomes Pereira e Ademir Martins Pereira, ao meu irmão Andre Luiz Gomes Pereira e a minha avó Antônia Mendonça Gomes pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e decisões e que sempre me impulsionam em direção às vitórias dos meus desafios.

AGRADECIMENTOS

Lembrando-me desses dois últimos anos de minha vida, eu só tenho a agradecer a todos que passaram pelo meu caminho e que com certeza deixaram um pouco de si. Os momentos de alegria serviram para permitir me acreditar na beleza da vida e aqueles de sofrimento serviram para um crescimento pessoal único. É muito difícil transformar sentimentos em palavras, mas serei eternamente grata a vocês, pessoas imprescindíveis para a realização e conclusão deste trabalho.

Agradeço à Dra. Adriane de Andrade Silva pela orientação e por sempre ter acreditado em mim e no potencial desse Projeto de Pesquisa.

Ao Dr. Marcos Vieira de Faria pela influência na execução do trabalho.

Ao Dr. José Geraldo Mageste e à Dra. Regina Maria Quintão Lana o meu muito obrigado pela ajuda, ensinamentos, orientações e contribuições.

Ao Laboratório de Análise de Solos (LABAS) e ao ICIAG pela participação indispensável nesse estudo, cumprimento a todos, em especial aos técnicos Eduardo Oliveira Chagas, Gilda Pereira de Resende Fernandes, Marinho Monteiro dos Santos, Manoel Ribeiro Reis e a secretária Angélica das Graças Borges Silva.

Aos estudantes que contribuíram com o seu apoio e conhecimento, Laura Rodrigues, Higon Pereira, Geovane Galli e João Carlos.

Pelo apoio moral aos amigos Mariana Pinheiro Coelho, Mayara Lucian Freitas de Assunção Melo, Ana Claudia Nascente Siqueira, Julia de Araújo Soares, Iury Sparctton Melchior de Abreu, Nayara Evangelista Rodrigues e Miryan Rodrigues Alves do Prado.

A SEAP Eucaliptos tratados, Globo Verde Mudas e Sementes, Fazenda Bom Sucesso, Ferlab Laboratório de análise agrícola pelo incentivo a pesquisa.

A UFU, FAPEMIG e CNPQ pelo auxílio financeiro.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABELAS.....	2
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	3
RESUMO GERAL	6
ABSTRACT.....	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPITULO 2 - Atributos químicos do solo influenciados pelo uso de água residuária de suinocultura em latossolos cultivados com mudas de eucalipto.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODO	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
CAPITULO 3 - Atributos químicos de um solo arenoso sobre uso de água residuária de suinocultura em sistemas agrosilvipastoril	47
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
INTRODUÇÃO.	49
MATERIAL E MÉTODO	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teor de pH para regressão de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa, na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.....	62
Figura 2. Teores de potássio (mg dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.	63
Figura 3. Regressão de soma de bases (SB) (cmol c dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.....	64
Figura 4. Regressão de capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol c dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.	64
Figura 5. Regressão de capacidade de troca de cátions efetiva (CTC- t) (cmol c dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.....	65
Figura 6. Regressão de saturação por bases (V%) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa, na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.....	66
Figura 7. Regressão de sódio (mg dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015... ..	66
Figura 8. Regressão de Cobre (A), Zinco (B), Ferro (C) e Manganês (D) em mg dm^{-3} em função das doses de ARS em solo coletado na projeção da copa na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados no experimento casa de vegetação.....	25
Tabela 2. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS) de uma granja de terminação.....	26
Tabela 3. Atributos químicos do solo (pH, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}), cultivado com <i>Corymbia citriodora</i> e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.....	28
Tabela 4. Concentração de macronutrientes (P, SO_4^- , K^+), matéria orgânica e condutividade elétrica do solo, cultivado com <i>Corymbia citriodora</i> e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.	32
Tabela 5. Concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mn) e sódio (Na) nos solos cultivados com <i>Corymbia citriodora</i> e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.....	37
Tabela 6. Caracterização química dos solos utilizados no experimento do campo.....	58
Tabela 7. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS), sem parcelamento da aplicação, de uma granja de terminação.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARS - Água Residuária de Suinocultura

CE - Condutividade Elétrica

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais

cm - Centímetro

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ - Centimol por Decímetro Cúbico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTC - Capacidade de Troca Catiônica

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DIC - Delineamento Inteiramente Causalizado

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ELS - Esterco Líquido Suíno

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Food and Agriculture Organization

g - Gramas

Ha - hectare

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

iLPF - Integração Lavoura Pecuária Floresta

$\text{kg dia}^{-1} \text{ t}^{-1}$ - Quilos por Dia por Tonelada

kg - Quilograma

L dia^{-1} - Litros por dia

m^2 - Metro Quadrado

m^3 - Metro Cúbico

$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ - Metro Cúbico por Hectare por Ano

$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ - Metro Cúbico por Segundo

Meq^{-1}L - miliequivalentes por Litro

mg dm^{-3} - Miligrama por Decímetro Cúbico

mg L^{-1} - Miligramas por Litro

mL - Mililitros

mm - Milímetro

RAS - Relação de Adsorção de Sódio

SAF - Sistema Agroflorestais

SS - Sólidos em Suspensão

TFSE - Terra Fina Seca em Estufa

USEPA - United State Enviromental Protection Agency

RESUMO

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Universidade Federal de Uberlândia, Fevereiro, 2016. **Uso e aplicação de água residuária de suinocultura em sistemas produtivos.** Orientadora: Adriane de Andrade Silva. Coorientador: Marcos Vieira de Faria.

Na necessidade de dar uma destinação adequada aos dejetos suínos, ou seja, investir em formas de tratamento, armazenamento, transporte e disposição para que os compostos não contaminem o meio ambiente. Em termos comparativos, o potencial poluidor dos dejetos de suínos é muito superior a de outras espécies de resíduos orgânicos. Ainda em relação a estes dejetos, ocorre uma variação quantitativa e qualitativa no tempo e no espaço, na qual depende de vários aspectos como fase de maturidade dos suínos, método de higienização das instalações, tipo de ração utilizada na alimentação, etc. Torna-se necessário a busca de um modelo mais sustentável para uso dos dejetos nas atividades agropecuárias que reduzam os gastos e aumente a produtividade, como alternativa viável, tanto sobre os parâmetros ecológicos, quanto econômicos, sociais e sustentáveis, para pequenos e grandes produtores. A implantação de sistemas agroflorestais e/ou silvipastoris, é um modelo sustentável, pois promove a melhoria no solo, em médio à longo prazo, promove ciclagem de nutrientes, advinda da maior absorção de nutrientes pelas raízes das árvores, de camadas mais profundas do solo e a posterior deposição na superfície do solo, pela decomposição de folhas, raízes etc. Sistemas silvipastoris possuem, também, a capacidade de utilizar a água das camadas mais profundas do solo, a qual seria normalmente perdida em sistemas tradicionais de usos agrícolas. O volume ideal para utilização de dejetos suínos em culturas depende de diversos fatores como concentração de minerais no dejetos, variações climáticas e do solo e exigência das culturas, porém muitos autores desconsideram algumas variáveis importantes como o fator solo, sendo necessário um estudo que mostre o comportamento dos rejeitos orgânicos em diferentes classes de solos, observando as variações nas caracterizações físicas, químicas e biológicas. Existe também uma grande necessidade de informações em relação a utilização das doses de água residuária de suinocultura (ARS) aplicadas em longo prazo, e o tempo necessário para melhoria da fertilidade do solo sem causar a contaminação do lençol freático e solo.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes, solo, ciclagem de nutrientes de suinocultura, Textura do solo.

ABSTRACT

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Federal University of Uberlandia, February, 2016. Wastewater use in swine agrosilvopastoral system. Advisers: Adriane de Andrade Silva. Co-Adviser: Marcos Vieira de Faria.

The need for a proper disposal of pig manure, or invest in forms of treatment, storage, transport and disposal so that the compound does not contaminate the environment. In comparative terms, the pollution potential of pig manure is far superior to other types of organic waste, moreover it shows a quantitative and qualitative change in time and space, which depends on several aspects such as pigs mature, method of cleaning the premises, type of feed used for food. Thus, there is no need to seek a more sustainable model for use in agricultural activities to reduce expenses and increase productivity, being a viable alternative for small and large producers. The implementation of silvopastoral systems, a sustainable model, is already showing improvements to the ground, resulting in the medium and long term, the cycling of nutrients, caused by the absorption of these elements by the roots of trees, deeper layers of the soil and subsequent deposition in the topsoil of these nutrients, the decomposition of leaves, roots etc. Silvopastoral systems have also the capacity to use water from deeper soil layers, which would normally be lost in traditional pasture systems. The optimal dose for using pig manure on crops depends on several factors such as concentrate of minerals in the manure, climatic and soil aspects and requirements of the crops, however many authors overlook some important variables such as soil factor, requiring a study that shows the behavior of organic waste in different soil types, observing the chemical and biological physical characterizations. There is also a great need of information related to wastewater doses of swine (ARS) applied in a long period, and the time needed to enhance soil fertility without causing contamination of soil and groundwater.

KEYWORDS: Pollutants, Soil, Swine wastewater, Texture.

CAPÍTULO1 - USO E APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMAS PRODUTIVOS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, faz necessário compreender as diversas interações que os sistemas produtivos agropecuários possuem correlacionadas não somente com as características específicas de geração dos produtos finais (carne, grãos, madeira, etc.), mas com a sustentabilidade ambiental (manutenção da qualidade de solos, corpos d'água, vegetação nativa, etc.) e social das atividades, visto que os impactos da má gestão dos recursos utilizados podem comprometer todo o sistema.

A suinocultura brasileira tem se desenvolvido com alto nível tecnológico, porém o sistema intensivo de produção tem utilizado grandes volumes de água, na qual grande parte é destinada a gestão do manejo de dejetos dentro das propriedades, o que despertou a necessidade de que a água residuária gerada seja reciclada em projetos agropecuários.

Entre as atividades que tem sido constantemente estudadas, avaliando o possível uso da água residuária, o estudo da forragicultura e a silvicultura têm destaque, uma vez que o seu consumo não é realizado diretamente pelo homem, o que garante questões de segurança alimentar, e por demandarem grandes volumes de água.

A disponibilidade hídrica superficial e subterrânea (reserva explorável) no país é de $91.300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $11.430 \text{ m}^3/\text{s}$, sucessivamente. A demanda consuntiva estimada para o Brasil no ano 2010 foi de $2.373 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ou seja, a vazão consumida é somente 51% da retirada. Com relação à vazão efetivamente consumida, 72% correspondem à demanda de irrigação, seguida da utilização para suprimento animal (11%), abastecimento urbano (9%), abastecimento industrial (7%) e abastecimento rural (1%) (ANA, 2013).

O aumento projetado da demanda de água pela pecuária mundial para o ano de 2025 é de 71%, e grande parte deste ocorrerá nos países em desenvolvimento (BRUINSMA, 2003; DELGADO et al., 1999; ROSEGRANT, CAI, CLINE, 2002).

No Brasil, tentativas de regularizar e gerir melhor as águas iniciaram-se em 1934, com o Código das Águas - DECRETO Nº 24.643 (BRASIL, 1934). Porém, somente a partir de 1997, com a promulgação da Lei 9433/97 (BRASIL, 1997), que instituiu a cobrança pelo uso da água, com base no conceito de “usuário pagador” e “poluidor pagador”, de forma que quem usa ou polui sem autorização dos órgãos ou entidades competentes encontra-se sujeito à multa e outras penalidades.

Mas há ainda hoje muitas demandas de outorgas e diferenciações entre as diferentes regiões do país da forma como se pretende gerir os recursos hídricos. As leis sofrem grandes influências das diversas ações antrópicas, como desmatamento, necessidade de reflorestamento e disciplinamento do uso do solo e dos recursos hídrico. Alguns julgam que há leis suficientes para gerir as questões hídricas no país como a Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), conhecida como Novo Código Florestal; Lei nº 12.187, (BRASIL, 2009), que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências (CERQUEIRA et al., 2015), contudo, observa-se, baixa adesão às regras estabelecidas por esses marcos regulatórios, e igualmente uma baixa fiscalização para se fazer cumprir as exigências.

Entre as atividades com geração de grandes quantidades de água residuária, com possibilidade de uso na agricultura encontra-se a suinocultura. A suinocultura é uma atividade agrícola que necessita de grandes quantidades de água para dessedentação dos animais e limpeza das baias. Palhares (2011) avaliando a pegada hídrica dos suínos na região centro-sul do país no ano de 2008, tal região representa 87% da produção total do país (28.314.545 de cabeças de suínos), observou que o consumo total de água para dessedentação e limpeza das baias foi de 10.006.360 m³. Esse montante é insignificante no cálculo da pegada ecológica, termo traduzido do inglês “ecological footprint” e atualmente utilizado para dimensionar em termos de divulgação ecológica, à quantidade de terra e água que seria necessária para sustentar as gerações atuais, tendo em conta todos os recursos materiais e energéticos, gastos por uma determinada população. Se considerarmos o consumo de água para a produção de milho utilizado para a formulação de ração, de acordo com a pegada ecológica do milho descrita por Hoekstra (2011), somente esse item já consome o maior montante de água neste cálculo, visto que para produzir 1 kg de milho estima-se o consumo de 900 L de água, e um suíno consome aproximadamente 385 kg de grãos em seu ciclo de vida para produzir 110 kg de carne, ou seja a pegada foi estimada em 480.000 L por cabeça.

O Brasil abateu aproximadamente 9,170 milhões de suínos com acúmulo de 794,214 mil toneladas de carcaças, no primeiro trimestre de 2015 com um acréscimo de 4,2 e 4,9% sucessivamente em relação ao mesmo período de 2014, de acordo com dados do IBGE (2015). A suinocultura, além de ser uma atividade que utiliza muitos recursos ambientais (fertilizantes minerais, água para produção de alimentos, dessedentação de animais e limpeza das baias) também é um potencial poluidor causando contaminação do solo, de águas subterrâneas e superficiais, sendo passíveis de licenciamento ambiental para o seu funcionamento (Resolução CONAMA N° 237, artigo 3°, 1997) (CONAMA, 1997). O licenciamento ambiental das atividades das granjas é concedido mediante a comprovação de tratamento eficiente dos dejetos e consta que o reuso dos efluentes pode ser efetuado, desde que sua qualidade esteja dentro das normas ambientais vigentes.

A produção de dejetos líquido produzido por suíno é em média 8,6 L dia⁻¹ (OLIVEIRA, 1993), sendo levada em consideração as diversas fases de desenvolvimento dos suínos. Multiplicando a produção de cabeças de suínos anual segundo IBGE (2015), com a média de geração de dejetos, estima-se que o Brasil produz aproximadamente 319,8168 milhões de L ano⁻¹ de dejetos suíno. Tal estimativa da quantidade de resíduo varia, de acordo com o sistema de alimentação, o número de indivíduos, suas fases produtivas dos animais e a quantidade de água gasta para a limpeza das instalações, mas deve ser considerada para reuso, pois representa um alto volume.

Os dados relativos ao potencial poluidor do dejetos suíno não devem ser generalizados, pois cada microrregião possui fatores específicos que influenciam na qualidade e na quantidade do dejetos. Em termos comparativos, o potencial poluidor dos dejetos de suínos é muito superior a de outras espécies de rejeitos orgânicos. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas dejeções de suínos pode atingir até a marca de 544g animal⁻¹ dia⁻¹, na média das diversas idades existentes em granja de ciclo completo (cobertura, parição, cria, recria e terminação) enquanto a do ser humano é de 54 g habitante⁻¹ dia⁻¹ (NOLASCO, BAGGIO, GRIEBELER, 2005). Em termos comparativos uma granja com 3.000 suínos produz 1.632.000 g animal⁻¹ dia⁻¹ de DBO, o que equivale à produção de DBO de uma cidade de 30.222 habitantes.

Há a necessidade de dar uma destinação adequada os dejetos suínos, ou seja, investir em formas de tratamento, armazenamento, transporte e disposição para que o

composto não contamine o meio ambiente, ou tenha um reuso sustentável. Para isso o produtor deve ter acesso ao conhecimento tecnológico e incluir em seu sistema de manejo o sistema o qual atenda a sua demanda de tratamento, preferencialmente com um custo acessível, para não impactar negativamente a planilha de custos de produção.

Uma alternativa viável de reaproveitamento é a disposição no solo como fonte de nutrientes para plantações, reduzindo a dependência de fontes minerais para adubação. A incorporação de dejetos suínos no solo melhora as propriedades físicas químicas e biológicas consequentemente aumentando a produtividade agrícola (OLIVEIRA, 1993; COOKE et al., 2001; FACTOR et al., 2008).

No Brasil, o CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) lançou, em 2003, uma minuta de resolução, bastante similar à recomendação da Organização Mundial da Saúde, incentivando o reuso de águas de qualidade inferior, o que representou um grande passo na legalização da técnica no país. Contudo, tal resolução não entrou em vigor e somente no ano de 2005, ocorreu lançamento da Resolução N° 54 (CNRH, 2005), que incentiva a prática do reuso em diversas modalidades, mas não estabelece parâmetros específicos para seu emprego e define alguns termos importantes como os efluentes líquidos de agroindústrias, como água residuária sejam eles tratados ou não, e considera o reuso da água como sendo a utilização de águas residuárias.

A inclusão de parâmetros para aplicação de águas residuárias de suinocultura são fundamentais, pois há indicativos que seu uso possa gerar desbalanceamento de nutrientes no solo, percolação de nutrientes para os lençóis freáticos, incremento de metais pesados, redução na infiltração, entre outras problemáticas. Alguns pesquisadores (PERDOMO, OLIVEIRA e KUNZ, 2003, OLIVEIRA, 1993; SELBACH & SÁ, 2004), indicaram que quando o esterco líquido é aplicado em grades quantidades ou com alto grau de diluição ocorre a percolação ou lixiviação dos nutrientes para camadas inferiores do solo, podendo haver sobrecarga na capacidade do solo, e poluição dos lençóis subterrâneos.

A necessidade de monitoramento da aplicação vem em função de diversas possibilidades de ajustes de doses e épocas de aplicação. E podem ser impostas desde o nutriente nitrogênio, um dos exigidos em maiores quantidades pela maioria das culturas agrícolas, ao cobre e zinco, micronutrientes, exigidos em pequenas quantidades.

Fischer, Iannotti e Fulhace (1983) citaram a contribuição de 3.706 mg L⁻¹ de nitrogênio total e de 2.238 mg L⁻¹ de amônia (NH₃) com dejetos de suínos em sistemas

agrícolas sem nenhuma adição suplementar de N. O nitrogênio, em suas diversas formas, tem sido considerado um dos principais poluentes em águas subterrâneas e superficiais. O nitrato e amônio são encontrados naturalmente como produto da mineralização de compostos orgânicos ou também via aplicação de fertilizantes nitrogenados, sua aplicação deve ser considerada sendo este fonte de aproveitamento de fontes orgânicas, e/ou aplicação de fertilizantes minerais convencionais, pois os excessos desses elementos podem causar danos à saúde humana (MUCHIVEJ & RECHICGL, 1994).

O processo de geração de nitrato, a nitrificação, esta diretamente relacionada com a temperatura, sendo o valor ótimo observado entre 25 a 32 °C (CARDOSO, TSAI e NEVES, 1992) e com a quantidade de água no solo, visto que o nitrato, por ter o comportamento de uma base fraca, tem pouca afinidade pelos centros eletrofílicos dos sítios de adsorção química, permanecendo, portanto, totalmente na solução do solo, e que faz com que seja altamente lixiviado no solo de acordo com a quantidade de água disponível (MANTOVANI et al., 2007).

Valores elevados de nitrato na água de consumo humano estão associados à ocorrência de metahemoglobinemia infantil. O nitrato causa oxidação da hemoglobina normal à metahemoglobina, que não é capaz de transportar oxigênio para os tecidos, podendo levar a morte de crianças (ADDISCOTT E BENJAMIN, 2004) e em organismos adultos, tais compostos são responsáveis por elevados índices de câncer de estômago. A legislação brasileira (BRASIL, 2004) estabelece valores máximos de 10 miligramas por litro de nitrogênio na forma de nitrato para água de consumo humano.

Em dejetos de suínos, o conteúdo de fósforo pode variar, de acordo com o estágio de desenvolvimento corporal dos suínos, entre 0,05 e 0,25 kg dia⁻¹ t⁻¹ (MERKEL, 1981; MOFFITT, 1999). Berwanger (2006) e Caovilla et al., (2010) constataram que com aumento proporcional das doses de água residuária de suinocultura aumentou o índice de fósforo na superfície do solo. Isso se deve a capacidade do elemento interagir com a porção mineral, justificando a diminuição dos níveis de fósforo nas camadas mais subterrâneas (BERWANGER, 2006; LOPES, 1989).

O teor de potássio observado em dejetos podem variar entre 0,10 e 0,35 kg dia⁻¹ t⁻¹, e a relação carbono: nitrogênio, entre 6 e 8, de acordo com o estágio de desenvolvimento corporal dos animais (MOFFITT, 1999). O comportamento do

potássio é semelhante ao do fósforo, porém melhor distribuído nas camadas do solo, devido à maior mobilidade, a sua baixa reatividade e também a sua forma bastante livre no dejetos (ALCARDE, GOMES e MALAVOLTA, 2000). Outro fator que pode contribuir com a maior mobilidade do potássio no solo é a baixa relação de cátions, que deve ser evitada com a manutenção de cálcio no solo, evitando assim perdas de potássio por lixiviação.

Com relação à possibilidade de contaminação do solo e da água devido à alta concentração de metais pesados, como Zn e Cu, que os dejetos líquidos de suínos possuem (HSU & LO, 2000; GRÄBER et al., 2005; MATTIAS, 2006). Sendo necessário o monitoramento da qualidade e quantidade de ARS a ser aplicada para que não contamine o meio ambiente. Os dejetos de suínos apresentam altas concentrações de nutrientes, embora sejam encontrados naturalmente no solo e essenciais ao crescimento das plantas, podem ser tóxicos quando em elevadas concentrações. De acordo com Matos (2004), a dose de aplicação do resíduo pode ser determinada com base na concentração do nutriente presente em maior concentração que, normalmente, é o nitrogênio.

Em um estudo de Basso et al., (2002) avaliando por um período de quatro anos, com 28 aplicações de esterco líquido de suínos em pastagem natural, houve acúmulo de Zn, Cu, Cr, Ni, Mn e Cd nas camadas de solo de 0 a 10 cm de profundidade, porém estes acúmulos ficaram abaixo das médias permitidas pela USEPA (United State Environmental Protection Agency) para solos contaminados de acordo com o citado por Sannigs e Stietzel (1993). Cunha (2009) observou acúmulos de Zn (35 a 296%) e de Cu (42 a 85%) em solo com aplicação de ELS (esterco líquido suíno), porém este mesmo autor observou que não houve percolação desses elementos entre as camadas monitoradas.

Outro elemento de grande preocupação com a aplicação de ARS é o sódio, pois ele pode ocupar partes importantes da CTC do solo, reduzindo a absorção de outras bases importantes. Assim, o sódio e outras formas de salinidade são os nutrientes mais persistentes na água de reuso e são os mais difíceis de remover. A salinidade da água de reuso pode impactar tanto no próprio solo, quanto influenciar o crescimento das culturas irrigadas. A salinidade na forma do sódio pode afetar diretamente as propriedades do solo com os fenômenos do inchamento e da dispersão (HALLIWELL et al., 2001).

O excesso de sódio em relação ao cálcio e magnésio diminui a permeabilidade do solo, provocando uma redução nas taxas de infiltração de água e, em consequência, a absorção de água pelas plantas. O efeito potencial do sódio para solos pode ser avaliado pela relação de adsorção de sódio (RAS), onde as concentrações dos íons são expressas em $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$ (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Fatores patogênicos também são observados em ARS, e segundo Nishi et al., (2000) os dejetos de suínos apresentam concentrações elevadas de microrganismos como os coliformes termo tolerantes (10 milhões em 100 mililitros de efluente), até 3.000 ovos de helmintos e 1.000 cistos de protozoários em um grama de dejetos secos. O que pode contribuir para uma contaminação do solo por microrganismos. Segundo Craveiro et al., (1982) a biodigestão ou digestão anaeróbia é a melhor forma de provocar a morte da maior parte dos vírus, bactérias, protozoários e vermes patogênicos que podem estar presentes.

Novaes e Lopes (2012) obtiveram como resultado ao analisar o efluente final de um biodigestor uma redução bastante expressiva quanto às taxas de DQO e DBO de aproximadamente 97 e 96%, respectivamente, assim como o *Escherichia coli* que apresentou uma redução de 99,99% muito significativa do ponto de vista de redução de patógenos, porém ainda não alcançando um valor absoluto adequado para lançamento direto em corpos d'água quanto a concentração de nutrientes como o N e P (CONAMA 2005), o que faz da disposição em solos uma ótima opção.

Em um estudo utilizando cama de frango e dejetos líquidos suínos em três tipos de solo (Franco-arenoso, Argiloso-siltoso e Muito Argiloso), mostrou que a classe textural afeta a nitrificação do N no solo após a adição de adubos orgânicos, sendo que o solo muito argiloso retardou este processo em todos os adubos orgânicos adicionados, reduzindo assim o potencial poluente do N (FIOREZE, 2012).

Por outro lado segundo Mosaddeghi et al., (2009), é a possibilidade da adubação orgânica reduzir a vulnerabilidade do solo à erosão e à compactação, diminuir a densidade e a resistência do solo à penetração e elevar a capacidade de retenção de água. Edmeades (2003), realizou uma revisão de literatura com ensaios de adubação orgânica com longa duração (20-120 anos), e concluiu que os adubos orgânicos elevam o conteúdo de carbono orgânico e a atividade microbiana, o que pode levar a melhoria nas propriedades físicas do solo.

A aplicação de águas residuárias no solo utilizando sistemas de irrigação é uma forma segura e econômica, quando esses sistemas são dimensionados e operados corretamente (BOHLEY, 1990). Segundo Scalloppe e Baptistella (1986) a seleção de culturas para as áreas destinadas à aplicação de águas residuárias baseia-se no potencial produtivo, na quantidade de nutrientes e elementos químicos a serem absorvidas, e na adaptabilidade às condições impostas no processo.

Sendo assim, idealizou-se um estudo que pretende comparar a utilização de água residuária de suinocultura em um sistema agroflorestal e algumas de suas inter-relações com os atributos químicos do solo e um ensaio com aplicação de ARS em solos com texturas diferentes e mudas de *Corymbia citriodora*.

REFERÊNCIAS

ADDISCOTT, T.M.; BENJAMIN, N. Nitrate and human health. **Soil and Use Manage.** London, Inglaterra. v.20, p.98-104, 2004.

ALCARDE, J.C.; GOMES, P.F.; MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000. 596p.

ANA - **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Brasília, 2013.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; MORREIRA, I. C. L.; FORES, M. M; DRESSLER, V. L. Acúmulo de alguns metais Pesados em Solos com Sucessivas Aplicações de Esterco Líquido de suínos, In: FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro, **Anais...**, Rio de Janeiro-EMBRAPA SOLOS, 2002. Disponível em:

<<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/01.pdf>>

BERWANGER, A.L. **Alterações e transferência de fósforo no solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. Santa Maria: UFSM, 2006. 98p. Dissertação Mestrado.

BOHLEY, P. B. Pumps recycle animal wastes into profits. **Irrigation Journal**, Van Nuys, v.40, n.4, p.12-18, 1990.

BRASIL, 1934. Decreto no 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Coleção de Leis do Brasil, 4:679.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima** - PNMC e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm>. Acesso: 26 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso: 26 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 26 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004: **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Diário Oficial da União, 26 de março 2004.

BRUINSMA, J. **World agriculture**, towards 2015/2030: an FAO perspective. London; Rome: FAO, 2003.

CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; SMANHOTTO, A.; NOBREGA, L.H.P.; QUEIROZ, M. M. F. de; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.692-697, 2010.

CARDOSO, J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

CERQUEIRA, G. A.; PINTO, S.H.; FARIA, I.D.; BAPTISTA, J.C.R.; KASSMAYER, K.; SOUZA, L.B.G.; KÖHLER, M.A.; ABBUD, O.A.; PINTO, V.C. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (**Boletim Legislativo** nº 27, de 2015). <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em: 27 de jan de 2016.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; Resolução n. 357, de mar. de 2005

COOKE, C.M.; GOVE, L.; NICHOLSON, F.A.; COOK, H.F.; BECK, A.J. Effect of drying and composting biosolids on movement of nitrate and phosphate through repacked soil columns under steady-state hydrological conditions. **Chemosphere**, Londres, Inglaterra. v.44, p.757-804, 2001.

CRAVEIRO, A. M.; LA IGLESIA, M. R. de; HIRATA, Y. S.. **Manual de biodigestores rurais**. São Paulo: Ipt, 1982. 61 p.
CUNHA, J. L. **Impacto ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 71f. 2009. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

DELGADO, C.; ROSEGRANT, M.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. **Livestock to 2020: the next food revolution**. Washington, D.C.: IFPRI, 1999.

EDMEADES, D. C. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: A review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Hamilton, New Zealand. v.66, p.165-180, 2003.

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

FIGUEIREDO C.; CERETTA C.A.; GIACOMINI S.J.; TRENTIN G. & LORENSINI F. **Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos**. Ciência Rural, vol.42 nº.7 Santa Maria. 2012.

FISHER, J.R.; IANNOTI, E.L.; FULHAGE, C.D. Production of methane gas from combinations of wheat straw and swine manure. **Transactions of the ASAE**, 26:546-548. 1983.

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

HALLIWELL, D.J.; BARLOW, K.M.; NASH, D.M. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. **Australian Journal of Soil Research**, v.39, p.1259-1267, 2001.

HOEKSTRA, A. Y. How sustainable is Europe's water footprint? *Water and Wastewater International*, v.26, p.24-26, 2011.

HSU, J.H.; LO, S.L. Effect of composting on characterization and leaching of copper, anganese, and zinc from swine manure. **Environmental Pollution**, Boston, v.114, n.1, p.119-127, 2000.

IBGE. **Indicadores IBGE**: Estatística de produção Pecuária, p. 47, Jun. 2015.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: Anda/Potafos, 1989. 155p.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. – Reúso de Água, Ed. Manole Ltda. Barueri 579p., 2003

MANTOVANI, E. C.; PEREIRA, O. G.; ABREU, F. V. S.; SOUZA, D. O. Avaliação do sistema radicular do capim-Tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e turnos de rega. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa – MG. v. 15, n. 3, p. 200-211, 2007.

MATOS, A.T. Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos. **Caderno Didático**, Viçosa-MG: AEAGRI, n. 37, 2004. 136p.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MERKEL, J.A. **Managing livestock wastes**. Connecticut: AVI Publishing. 1981. 419p.

MOFFITT, D. Waste management and recycling of organic matter. In: CIGR Handbook of agricultural engineering. **Animal Production and Aquacultural Engineering**. St. Joseph, ASAE, 2: 163-196. 1999.

MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; SAFADOUST, A. Shortterm effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil & Tillage Research**, Hamadan, Iran. v.104, p.173-179, 2009.

MUCHOVEJ, R.M.C; REHCIGL, J.E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In LAL, R.; STEWART, B.A. (Ed.) **Soil process and water quality**. Boca Raton. Lewis Publication, 1994. p. 91-135.

NISHI, S.M.; GENNARI, S.M.; LISBOA, M.N.T.S.; SILVESTRIM, A.; CAPRONI JR., L.; UMEHARA, O. Parasitas intestinais em suínos confinados nos estados de São Paulo e Minas Gerais. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.67, n.2, p.199-203, 2000.

NOLASCO, M.A.; BAGGIO, R.B.; GRIEBELER, J. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005.

NOVAES, A.P.; LOPES, W.T. **Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola**. Embrapa Instrumentação agrícola. 2012.

OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. p.188. (Documentos, 27)

PALHARES, J.C.P. Pegada hídrica dos suínos abatidos nos Estados da Região Centro-Sul do Brasil. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, São Carlos, São Paulo, v.33, p.309-314, 2011.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. Sistemas de tratamento e utilização de dejetos suínos: inventário tecnológico. EMBRAPA Suínos e Aves. **Documento 85**, Concordia, 2003. 83, p.

Resolução do CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997 - Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental. Brasil, 1997.

RESOLUÇÃO Nº. 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005 – Estabelece critérios gerais para reuso de água potável.

ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. **World water and food to 2025: dealing with scarcity**. Washington, D.C.: IFPRI, 2002.

SANNINGS, D.; STIETZEL, H. United States/German bilateral agreement on hazardous waste site cleanup project. In: Contaminated soil'93. Dordrecht, Klumer **Academic Publication**, p. 11-25, 1993.

SCALLOPPI, E. J., BAPTISTELLA, J. R. Considerações sobre a aplicação de efluentes ao solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Brasília, 1986. **Anais...** Brasília: ABID, 1986. v.3, p. 1049-1066.

SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. **Fertilizantes orgânicos, organo-minerais e agricultura orgânica**. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & CAMARGO, F.A.D.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.175-86.

CAPÍTULO 2 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM MUDAS DE *CITRIODORA*

RESUMO

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Universidade Federal de Uberlândia, Fevereiro, 2016. **Atributos químicos do solo com uso de água residuária de suinocultura em mudas de *Citriodora*** Orientadora: Adriane de Andrade Silva. Coorientador: Marcos Vieira de Faria.

A geração de sistemas mais sustentáveis em que o aproveitamento de resíduos agropecuários possam ser utilizados de forma segura é uma preocupação dos criadores de suínos e da sociedade. Dentre os seguimentos com grande crescimento na região do Triângulo Mineiro está o cultivo de espécies florestais, como os eucaliptos e citriodora, cujo uso está associado ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com a produção de madeira, celulose, lenha, entre outros produtos, como por exemplo a geração de óleos essenciais. Com a necessidade de suprir a quantidade de nutrientes de grandes culturas como o eucalipto e observando a necessidade de redução do uso de insumos não renováveis, como os fertilizantes minerais, esse trabalho objetivou avaliar a potencialidade de uso de água residuária de suinocultura (ARS) nos atributos químicos dos solos, com texturas diversas (argilosa e média), no cultivo de mudas de citriodora. O experimento foi instalado em casa de vegetação utilizando recipientes com capacidade de 4 kg num esquema fatorial de 7x2x4, sendo 7 doses de ARS (0; 60; 120; 180, 240 e 300 m³ de ARS ha⁻¹ + controle com adubação mineral (100 kg de N, 40 kg K₂O e 126 kg de P₂O₅ equivalente por hectare) com a dose determinada como referencia para ARS de acordo com a exigência de P para o cultivo de Citriodora, 2 texturas de solo (argilosa e média), num delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Avaliou-se as concentrações de macro, micronutrientes e condutividade elétrica, após 100 dias da aplicação das dosagens de ARS em vasos cultivados com *Corymbia citriodora*. Observou-se diferenças significativas nos teores de nutrientes em função das diferentes texturas de solo. O pH não sofreu alteração no solo nos tratamentos que receberam doses de ARS, e manteve-se classificado como ácido (4,20 a 5,0) em ambos os solos. Mas nos teores de Al, Ca, Mg, P, S, K, MO, CE, micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn) e Na, observou-se diferenças entre os tipos de solos avaliados. Esse

comportamento diferenciado demonstrar importância no monitoramento das doses aplicadas, uma vez que os boletins de recomendação não apresentam níveis críticos determinados de acordo com as texturas do solo. Conclui-se que há variação entre as concentrações de nutrientes nos solos submetidos a aplicação de ARS em solos de diferentes texturas.

PALAVRAS-CHAVE: Dejeito de suíno, textura do solo, nutrientes, metais pesados, sódio.

ABSTRACT

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Federal University of Uberlândia, February, 2016. **Wastewater use in swine agrosilvopastoral system.** Advisers: Adriane de Andrade Silva. Co-Adviser: Marcos Vieira de Faria.

The generation of more sustainable systems where the use of agricultural waste can be used safely is a concern of pig farmers and society. Among the segments with strong growth in the region is the eucalyptus whose use is associated with crop-livestock-forest integration, timber, pulp, firewood and other attributes such as the generation of essential oils. With the need to supply the amount of nutrients of major crops such as eucalyptus and noting the need to reduce the use of non-renewable inputs such as mineral fertilizers, this study aimed to evaluate the swine wastewater (ARS) potential usage in chemical properties of two types of soils with clayey and sandy another, with the cultivation of eucalyptus seedlings. The experiment was installed in a greenhouse using 4 L containers in a factorial arrangement of 7x2x4, 7 treatments (0, 60, 120, 180, 240 and 300 m³ of ARS ha⁻¹ + control treatment with mineral fertilizer (100 kg N, 40 kg K₂O and 126 kg P₂O₅ per hectare)) with the dosage used as the reference for ARS according to the requirement of P for eucalyptus cultivation, 2 types of soil (clayey soil and media), a design entirely randomized with 4 replications. It was evaluated the concentrations of macro, micro and electrical conductivity after 100 days of the application of wastewater dosages grown potted *Corymbia citriodora*. It was observed that there are significant differences in function nutrient content of various soil textures. The pH did not change soil treatments with the ARS doses, and kept classed as acid (4.20 to 5.0) in both soils. But the contents of Al, Ca, Mg, P, S, K, MO EC micronutrients (Cu, Fe, Zn, Mn) and Na observed differences between types of soils evaluated. This observed behavior is essential for the monitoring of the amount applied,

since the CFSEMG agreement, not all nutrients is critical levels determined in accordance with soil textures. We conclude that there is variation between the nutrient concentrations in soils submitted the application of ARS in different soil textures.

KEYWORDS: Pig manure, Soil texture, Nutrients, Heavy metals, Sodium.

INTRODUÇÃO

Satisfazer as necessidades de energia, terra, água e fornecimento de bens materiais para 9 bilhões de pessoas em 2050, sem a perda de biodiversidade e de saúde é um dos desafios que enfrenta-se (PNUMA, 2010). O desenvolvimento de sistemas de produção voltado para integração de grandes culturas, como soja, milho, cana, eucalipto, entre outras com alta produtividade, porém mantendo-se a sustentabilidade dos sistemas agrícolas devem ser cada vez mais incentivados para atender as exigências de alimentos pelo crescimento populacional.

Em 2013, a produção primária florestal gerou um volume de negócios de R\$ 18,7 bilhões, em que a silvicultura contribuiu com 76,1% do total apurado, enquanto a extração vegetal participou com 23,9%. A produção de madeira advinda de área plantada corresponde a 90,5% (IBGE, 2013). Esses números demonstram que atualmente a utilização de florestas plantadas tem contribuído não só com a geração de renda, mas com a redução de uso de florestas nativas. Ou seja, visando minimizar a extração de espécies nativas, destinadas à produção de madeira, celulose e carvão vegetal, pode-se introduzir no mercado novas espécies potenciais de rápido crescimento oriundas de reflorestamento, como o gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* (MARTINS et al., 2013).

Entre as espécies de exóticas o *Corymbia* destaca-se como um dos mais plantados, pois apresenta uma rápida taxa de crescimento e qualidade de madeira (ARAÚJO et al., 2012), potencial energético (PALADZYSYN FILHO et al., 2006; SANTOS, 2010) e elevada produção de óleo essencial (VITTI & BRITO, 2003). Sendo necessário observar as exigências da cultura como, fertilidade do solo, para uma ótima produtividade.

O entendimento de aspectos ligados à demanda e extração de nutrientes por espécies de rápido crescimento, fundamenta-se, pois no passado acreditava-se que, os cultivos poderiam ser realizados em solos de baixa fertilidade, pois o ponto de corte só seria alcançado após 20 anos do plantio. Atualmente observa-se que o mesmo desempenho pode ser obtido com a metade do tempo e que conforme o caso, a extração

de nutrientes é equiparada ou mesmo ultrapassa a de muitas culturas agrícolas convencionais.

Com a necessidade de elevada produtividade nos diferentes cultivos agropecuários, Gelfand et al, (2013) e Lambin et al, (2013) estimam diminuição de áreas aptas a produtividade. Klinglmair et al., (2014); Mancini et al., (2013); Pena, (2013); Schneider et al., (2014); Sonnemann, (2013) preveem a criticidade dos recursos naturais e ambientais inclusive com implicações do ciclo de vida baseado na depressão da atividade biótica e abiótica, podendo levar até a exaustão de alguns recursos essenciais para a produção de alimentos como extração de fontes minerais (CORDELL et al., 2009; GILBERT, 2009).

Uma alternativa é o reuso nutricional de água residuária de suinocultura (ARS) para fertilidade do solo prevendo a redução de utilização de reservas minerais finitas contribuindo com a conservação dos recursos naturais. De acordo com Scherer et al. (2007), o melhor entendimento das modificações nos atributos químicos do solo, decorrentes da reciclagem de resíduos orgânicos e do uso de esterco na adubação, pode fornecer subsídios para produção em bases sustentáveis, sem comprometer o ambiente.

O dejetos de suínos pode ser utilizado de diferentes formas, sendo o manejo mais comum, na forma de água residuária (efluente líquido tratado advindo das instalações) conforme o conceito da Resolução 54, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2005). O dejetos de suínos pode melhorar as propriedades físicas e as características químicas e biológicas do solo, o que possibilita seu aproveitamento na agricultura como fornecedor de nutrientes e elementos benéficos ao desenvolvimento e à produção das plantas (SCHERER et al., 2007), pois possuem macro e micronutrientes e matéria orgânica.

A aplicação de água residuária de suinocultura como fonte de nutrientes para plantas cultivadas tem apresentando bons resultados (ASSMANN et al., 2007; BARNABÉ et al., 2007; MEDEIROS et al., 2007; GIACOMINI & AITA, 2008). Maggi et al. (2013) detectaram que os teores de K, P e N no solo aumentaram de acordo com o aumento das taxas de água residuária de suinocultura. Porém é necessário estipular doses ideais para a melhoria da qualidade do solo sem possíveis contaminações.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de ARS nos atributos químicos de diferentes solos com diferentes texturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando dois tipos de solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2011), um com textura argilosa (13,4 % de areia grossa, 9 % de areia fina, 27,6 % de silte e 50 % de argila) e o outro com textura média (17,6 % de areia grossa, 40 % de areia fina, 26,1 % de silte e 16,3 % de argila), cuja textura foi caracterizada através do método da pipeta (EMBRAPA, 2011), coletados numa camada de 20-30 cm de profundidade.

A caracterização química do solo foi realizada a partir de amostra composta coletada nas camadas de 20-30 cm, e as amostras após aplicação de ARS foram coletadas com trado calador, na profundidade de 0- 20 cm, intercaladas formando uma amostra composta a partir de três amostras retiradas por vaso. As amostras de solos foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48 h, caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), trituras com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas. As análises químicas foram realizadas com base na metodologia da EMBRAPA (2011), e os resultados da caracterização estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados no experimento casa de vegetação.

Características do solo	P	K ⁺	S ⁻ SO ₄	Na	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			-----mg dm ⁻³ -----							--cmol _c dm ⁻³ --	
Argiloso	20,5	256	11	2,11	3,9	1	0,03	9	90,8	1,6	0,9
Média	2,4	16	5	12,25	0,7	0,4	0,03	7	6	0,5	0,3

Características do solo	pH H ₂ O	Al ⁺³	H + Al	SB	T	t	MO	CO	V	m	
	(1:2,5)	-----cmol _c dm ⁻³ -----					dag kg ⁻¹		-----%-----		
Argiloso	5,4	0,0	4,2		3,15	3,9	1,00	3,5	2,0	90,8	0
Media	5,0	0,2	1,5		0,84	2,34	1,04	0,6	0,4	36,0	19

SB = Soma de Bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 V = Sat. Base / m = Sat. Alumínio. P, K, Na = [HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂ SO₄ 0,0125 mol L⁻¹] S-SO₄ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹] Ca, Mg, Al = [KCL 1 mol L⁻¹] / H + Al = [Solução Tampão SMP a pH 7,5] M.O. = Método Colorimétrico B = [BaCl₂. 2H₂O 0,0125% à quente] Cu, Fe, Mn, Zn = [DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3] cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %

A água residuária de suinocultura (ARS) foi proveniente de uma granja de suínos com 6.000 animais confinados na fase de engorda da Fazenda Bonsucesso, com produção média diária de 110 m³ d⁻¹. A ARS foi armazenadas em dois recipientes plásticos (bombonas) com capacidade para 100 litros que permaneciam vedadas. A caracterização química da ARS encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS) de uma granja de terminação.

	Densidade	M.O.	C.O.	N	C/N	P	K	Ca	Mg
	g L ⁻¹	-----mg L ⁻¹ -----							
ARS	1	6500	3600	3500	10300	700	3600	5400	500
	pH	Na	B	Cu	Fe	Mn		Zn	
		-----mg L ⁻¹ -----							
ARS	7	200	0,05	5	11	14		5	

M.O. = Matéria Orgânica/ C.O. = Carbono Orgânico / C/N = Relação carbono.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 6 x 2 + 1, seis doses de água residuária de dejetos suíno (0, 60, 120, 180, 240 e 300 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), que foram aplicadas antes do transplante das mudas, duas texturas de solo (argilosa e arenosa), mais um tratamento adicional, com adubação mineral com 100 kg de N, 40 kg K₂O e 126 kg de P₂O₅ por hectare P₂O₅, com uso da fonte ureia (45% de N), KCl (58% K₂O) e superfosfato simples (16 a 18% de P₂O₅ e 18 a 20% de Ca). As doses de ARS variaram tomando por base a concentração de fósforo na dose de 180 m³ ha⁻¹ equivalente àquela fornecida pela adubação mineral, ou seja, 126 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por hectare. Para efeito de estimativa foi considerado que 1 ha pesa 2.000.000 de kg. Assim as doses variaram considerando o peso de cada unidade amostral igual a 4 kg.

As quantidades de ARS aplicadas, em cada dosagem, foram parceladas em 13 vezes, obedecendo-se a quantidade de água para atender a capacidade de campo, que foi determinada para o experimento de 250 mL por dia. Naqueles tratamentos em que a dose de ARS foi inferior à capacidade de campo, houve complementação do volume com água pura. Esta medida foi para eliminar a influência do volume de água nos resultados, sendo que não houve perda de qualquer quantidade de líquido, das diferentes

amostras. A adubação mineral foi aplicada superficialmente, em uma única dose, com o volume de água da capacidade de campo, ou seja, 250 ml.

Em cada vaso foi plantada uma muda de *Corymbia citriodora*, no mesmo dia da primeira dose. O experimento foi conduzido durante 100 dias, quando as plantas foram colhidas e realizado análise química de solo segundo Embrapa (2011).

Os dados foram submetidos aos testes de Levene e de Shapiro-Wilk para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e da normalidade dos resíduos, respectivamente. As análises estatísticas de normalidade, teste de medias e regressão foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011). Foram realizadas as análises de variância e aplicado o teste de médias de Scott Knott a 5 % para as variáveis que apresentaram efeito de tratamento significativo. As fontes de variação consideradas na análise de variância foram tipos de solo e bloco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos solos com aplicação de ARS não observou-se (Tabela 3) uma variação significativa do pH, entre os tipos de solos, porém na dose controle (0 m³ de ARS), o solo de textura média apresentou pH classificado como ácido de acordo com a CFSEMG (1999) e o mesmo diferiu do pH apresentado no solo de textura argilosa, o qual encontra-se classificado como adequado, o mesmo comportamento foi observado no tratamento adicional (adubação mineral).

Tabela 3. Atributos químicos do solo (pH, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), cultivado com *Corymbia citriodora* e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.

Textura do solo	-----Doses de ARS (m³ ha⁻¹) -----						Adubação Mineral	Média
	0	60	120	180	240	300		
pH H₂O								
Média	4,25b	4,76a	5,1a	5,05a	5,19a	5,07a	4,07b	4,78
Argiloso	5,45a	5,2a	5,07a	4,64a	4,83a	4,75a	5,22a	4,98
CV(%)	6,66							
DMS	0,18							
Al³⁺ (cmol _c dm⁻³)								
Média	0,42a	0,4a	0,45a	0,4a	0,4a	0,4a	0,5a	0,43
Argiloso	0,1b	0,1b	0,1b	0,1b	0,1b	0,1b	0,1b	0,1
CV(%)	7,78							
DMS	0,05							
Ca²⁺ (cmol _c dm⁻³)								
Média	0,2b	0,2b	0,2b	0,2b	0,3b	0,3b	0,3b	0,24
Argiloso	1,1a	1,02a	1,05a	0,97a	0,92a	0,95a	1,07a	1,01
CV(%)	7,36							
DMS	0,06							
Mg²⁺ (cmol _c dm⁻³)								
Média	0,1b	0,2b	0,2b	0,2b	0,22b	0,22b	0,1b	0,18
Argiloso	0,6a	0,6a	0,6a	0,6a	0,56a	0,57a	0,53a	0,57
CV(%)	10,4							
DMS	0,02							

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

Somente na ausência da ARS (tratamento controle 0 m³ ha⁻¹) e no tratamento com adubação mineral, que observou-se diferença do pH entre os tipos de solo. Em ambos os tratamentos observou-se menores valores para o solo de textura média (Tabela

3). Esse comportamento é esperado, pois os solos médios apresentam menor CTC e menor concentração de MO, logo menos pontos para adsorção de bases, o que promove maior lixiviação das bases do complexo de troca. A adubação mineral também apresenta potencial para acidificação do solo através da reação dos fertilizantes nitrogenados, como a ureia e o superfosfato simples, pelo fato de sua obtenção ser realizada com uso de H_2SO_4 , e grande presença de Ca em sua competição o que promove uma competição pelos sítios de adsorção.

O pH observado em média nos solos estudados encontram-se na classificação agrônômica da CFSEMG (1999) com baixo (entre 4,5 e 5,4), sendo considerado um valor ideal entre (5,5 a 6,0). Onde aplicou-se a ARS no solo de textura média não se observou redução do pH (variando de 4,74 a 5,19) em função dos aumentos das doses de ARS, provavelmente devido a aumento do poder tampão do solo devido a inclusão de radicais orgânicos, ácidos carboxílicos e fenólicos presentes na ARS(Tabela 3). No solo argiloso não se observou diferença elevadas na variação do pH com os tratamentos (Tabela 3), variando de 5,20 a 4,74 na maior dosagem), mas com ligeira redução com o aumento das doses. Pode-se inferir que em ambos os solos, independentes da aplicação da ARS, o pH observado encontram-se dentro de uma mesma faixa de classificação de pH, levemente ácido. Esses valores podem direta ou indiretamente interferir sobre as plantas dependendo das reações do solo ao valor de pH descrito (MEURER et al. 2012).

De acordo com Bouwer (2000), em solos que receberam águas residuárias, pode haver diminuição no valor de pH em virtude da mineralização de compostos orgânicos da ARS, o que propicia a produção de CO_2 e ácidos orgânicos. A maior quantidade de argila e matéria orgânica confere ao solo maior poder tampão, maior fator quantidade, maior CTC e maior equilíbrio na retenção de equilíbrio de ions no solo (SBCS, 2007). Ceretta et al. (2003) verificaram em experimento com aplicação de dejetos de suínos sob pastagem que, apesar de ter sido detectada diferença pelo teste de comparação de médias, pode-se, mais criteriosamente, considerar que o pH do solo praticamente não foi alterado com a aplicação do dejetos de suínos, devido ao poder tamponante do solo. Cunha (2009) não observou alteração no pH nas três épocas de avaliação do solo após aplicações de ARS. Não foram constatados efeitos do esterco de suínos por Scherer et al., (2007) sobre os fatores de acidez do solo, cátions básicos, CTC e teor de matéria orgânica do solo.

Observando-se a concentração de acidez trocável (Al^{3+}), independente das doses de ARS (tabela 3) e os tratamentos controle positivo (adubação mineral) ou ausência de aplicação de ARS (controle negativo), houve diferença entre os teores de Al^{3+} entre o solo de textura média e argiloso, indicando que as concentrações de acidez trocável devem-se ao material de origem do solo e não aos tratamentos aplicados, uma vez que não houve incremento de doses em funções dos tratamentos. Resende (2013), também trabalhando aplicando ARS em Latossolos verificaram redução no pH, sugerindo a aplicação de calcário para correção de pH onde se aplica ARS.

De acordo com a CFSEMG (1999), mesmo com valores elevados de acidez trocável, em ambas as texturas estudadas os teores encontram-se dentro da mesma faixa de classificação. O teor ideal de Al^{3+} é zero, e a maior concentração observada no solo médio, causa maior interferência nas propriedades químicas do solo, pois ocupa parte da CTC, e esta é menor nos solos de textura média do que argilosa. Observou-se que em todos os tratamentos a presença do Al foi maior nos solos de textura média ($p < 0,05$).

Em relação aos teores de cálcio (Tabela 3), observa-se que há diferença entre os teores nas duas texturas avaliadas. Porém, como pode ser observado pelos teores de caracterização na Tabela 1, essa diferenciação já existia antes, portanto as diferenciações não são somente em função dos tratamentos. As doses aplicadas não foram suficientes para aumentar os teores originais. De acordo com a CFSEMG (1999), os teores de Ca em ambos os solos são considerados não adequados, sendo no solo com textura média considerado muito baixo ($< 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e os do solo argiloso, baixo ($0,41 \text{ a } 1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Há uma boa concentração de Ca na ARS, como se observa na Tabela 2, mas mesmo com 5.400 mg L^{-1} de Ca, esta não contribuiu com o incremento no solo. No solo de textura média os níveis de Ca se mostraram superiores em 50% nos tratamentos de $240, 300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS e no tratamento adubação mineral em relação ao controle (0 m^3). O incremento observado no tratamento com adubação mineral, o qual a fonte superfosfato simples apresenta 20% de Ca, apresentou os mesmos teores observados nas maiores dosagens de ARS, mostrando que a disponibilidade do nutriente relacionada com a aplicação do dejetos, pode alcançar a mesma disponibilidade da obtida com uma fonte de adubação mineral. No solo argiloso a concentração dos teores de Ca, foram sempre superiores aos do solo de textura média.

Rezende (2013) fazendo uso de ARS observou que houve lixiviação de Cálcio, ou extração elevada do elemento pelas plantas de forrageiras. Segundo Furtini Neto et al. (2001), a aplicação de efluentes orgânicos ao solo aumenta a lixiviação de cálcio. Maggi et al. (2011) comprovaram que os resíduos orgânicos ampliam a lixiviação pelo fato de a água residuária poder ocasionar aumento da liberação de CO_2 e, conseqüentemente, da lixiviação de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ com a água. Maggi et al., (2011) observaram incremento de Ca em função das doses de DLS, e observou que há menor perda por lixiviação com o passar das aplicações.

O comportamento do Mg, foi similar ao observado para o Ca (Tabela 3). No solo de textura média os níveis de Mg se mostraram duas vezes o teor obtido no tratamento controle sem aplicação de ARS em todas as doses de ARS. No tratamento com adubação mineral o teor foi igual ao observado no tratamento controle (0 m^3). No solo argiloso os teores não variaram entre os tratamentos, mantendo-se entre 0,53 a 0,60 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Foi observado em todas as doses diferenças ($P < 0,05$) entre os dois solos avaliados. Porém a concentração de Mg na ARS, como se observa na tabela 2, é de 500 mg L^{-1} , muito inferior a determinada para o Ca, mas igualmente não promoveu incremento no solo.

O nível de P diferenciou significativamente entre os solos, sendo que o solo de textura média apresentou maior disponibilidade do nutriente em todos os tratamentos, exceto na ausência de ARS, onde não apresentou diferença entre os solos (Tabela 4). Em solos argilosos observou-se pouco incremento em função das doses, sendo observado valores de $2,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose 0 m^3 a $3,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de 240 m^3 , enquanto no solo de textura média a variação foi de $3,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose 0 m^3 a $13,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de 300 m^3 , nesse solo observou-se incremento superior ao observado pela aplicação de superfosfato simples nas doses superiores a 180 m^3 de ARS.

No solo argiloso, de acordo com a CFSEMG (1999), considera-se valor ideal de P, quando acima de $8,0 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo os valores observados variaram entre as classes de muito baixo ($> 2,70$) a baixo ($2,71$ a $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$). No solo médio, considera-se o valor de P ideal, quando 20 mg dm^{-3} , e os valores observados com a aplicação de água residuária variaram de muito baixo ($> 6,6 \text{ mg dm}^{-3}$) à médio ($12,10$ a 20 mg dm^{-3}). As

diferenças entre os valores de referência devem-se a maior adsorção de P observada em solos argilosos em relação aos solos médios.

Tabela 4. Concentração de macronutrientes (P, SO_4^- , K^+), matéria orgânica e condutividade elétrica de vasos com *Corymbia citriodora* e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.

Textura do solo	-----Doses de ARS (m³ ha⁻¹) -----						Adubação Mineral	Média
	0	60	120	180	240	300		
P (mg dm⁻³)								
Média	3,80a	5,07a	5,88a	6,15a	12,75a	13,17a	8,10a	6,54
Argiloso	2,65a	3,22b	2,85b	3,40b	3,72b	3,30b	2,77b	3,13
CV(%)	17,2							
DMS	0,45							
S (mg dm⁻³)								
Média	5,25b	6,25b	6,25b	7,75b	7,50b	11,00b	20,75b	9,25
Argiloso	23,75a	30,25a	19,5a	27,00a	28,75a	31,25a	42,75a	29,03
CV(%)	27,26							
DMS	2,82							
K (mg dm⁻³)								
Média	11,25b	24,75b	42b	49,5b	44,25b	48,50b	13,75b	33,42
Argiloso	163,75a	162,50a	186a	221,5a	185,75a	196,25a	157,75a	181,92
CV(%)	7,21							
DMS	4,18							
M.O. (dag kg⁻¹)								
Média	1,03b	1,17d	1,17b	1,12b	1,12b	1,05b	1,02b	1,1
Argiloso	2,60a	2,52a	2,50a	2,57ª	2,52a	2,65a	2,80a	2,6
CV(%)	6,92							
DMS	0,18							
Condutividade (µS cm⁻¹)								
Média	10,47a	11,91a	12,69b	12,69b	13,87b	11,76b	11,03a	11,85
Argiloso	15,55a	7,87a	15,65a	15,65a	17,97a	20,74a	12,87a	14,88
CV(%)	21,86							
DMS	3,97							

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

Segundo Ceretta et al., (2003) a presença de radicais orgânicos positivos presentes na ARS adsorvem o P, favorecendo o acúmulo superficial. Esse comportamento é importante para facilitar a liberação de P para as plantas, uma vez que o P adsorvido em matéria orgânica é de mais fácil liberação do que o P adsorvido nos colóides do solo. Naturalmente, o fosfato nos solos tropicais e subtropicais encontra-se

adsorvido com alta energia de ligação e, conseqüentemente, há pouco P disponível (BERWANGER et al., 2008).

Berwanger et al., (2008) trabalhando com os dejetos adicionados a lã na superfície do solo sem incorporação, observaram que os teores de P disponíveis da camada de 0–2,5 cm aumentaram de 13 para 71 e 140 mg kg⁻¹, representando aumentos de 446 e 976 %, respectivamente, com o uso de 40 e 80 m³ ha⁻¹. Ceretta et al., (2003) constataram incremento de 3.943 e 6.710 % no P extraído por Mehlich-1 no solo da camada de 0–10 cm de uma pastagem natural usada como meio de descarte de dejetos líquido de suínos, onde haviam sido aplicados de 560 a 1.120 m³ ha⁻¹ de dejetos, durante quatro anos.

Os aumentos observados no solo com a aplicação de ARS, foram monitorados por Berto & Miranda (2007) que avaliaram a sustentabilidade das unidades de produção que desenvolvem a atividade suinícola, com base no balanço de nutrientes, analisando o fluxo de nutrientes (N e P) de 3.821 propriedades suinícolas localizadas em 19 municípios da região Meio Oeste catarinense. Esses autores observaram que através do balanço das propriedades suinícolas pesquisadas constatou que as mesmas geram, através dos dejetos, excedentes de nutrientes que superam a capacidade de exportação dos seus sistemas agrícolas, e que apenas 8,9% do N e 7,7% P são exportados via culturas agrícolas. Como a forma de utilização predominante é o uso dos dejetos como fertilizantes o autor concluiu que do ponto de vista dos nutrientes N e P há um grave desequilíbrio na região analisada, indicando a insustentabilidade ambiental dos sistemas da região, devido ao impacto destes no ambiente, principalmente nos recursos hídricos.

A poluição com o P foi alertado por Seganfredo (2001), que sugere que os dejetos de animais apresentam riscos de poluição das águas, por causa do excesso de P, esse comportamento pode ocorrer mesmo nos solos de baixa fertilidade ou nos solos profundos, como aqueles da região dos Cerrados. Silva et al., (2012), também observaram que a aplicação de ARS, por 4 anos consecutivos, aumentou a concentração de P nos solos em 23 vezes, indicando a necessidade de monitoramento.

O acúmulo de enxofre foi superior no solo argiloso (Tabela 4), devido o S-SO₄ apresentar alta mobilidade no solo apresentando menor retenção no solo médio. O comportamento observado pelo P, foi inverso para o SO₄⁻, em que o solo de textura

média apresentou maior lixiviação do S, o que demonstra o comportamento diferenciado dos nutrientes em solos de texturas diferentes.

Em solos argilosos, independente da dose aplicada de ARS encontra-se com concentração muito boa, já nos solos de textura média observa-se que de acordo com a CFSEMG (1999), somente na maior dose de ARS e no tratamento com adubação mineral o teor encontra-se próximo ao ideal (9,5 a 13,0 mg dm⁻³).

Os teores de S após o cultivo foram superiores ao valor inicial (Tabela 1), o que indica que não somente as aplicações de ARS e adubos interferiram no incremento de S, que podem provavelmente, devido aos exsudatos e radicais orgânicos provenientes das raízes das plantas contribuir com o aumento de S. A aplicação da ARS não incrementou quantidades significativas (Tabela 6) com relação ao tratamento controle no solo de textura média, já a adubação mineral mostrou incrementos de 15,50 mg dm⁻³ de S no solo de textura média e de 19 mg dm⁻³ de S no solo argiloso quando comparado com o tratamento controle.

O solo argiloso apresentou valores superiores de potássio em relação ao solo de textura média (Tabela 4). O potássio extraído refere-se ao K-solução + K-trocável. Inicialmente o solo de textura média apresentava teores muito baixo de potássio (16 mg dm⁻³) enquanto o solo argiloso apresentava teores muito elevados (256 mg dm⁻³) (Tabela 1). No solo de textura média os níveis de K foram baixos do recomendado pela CFSEMG (1999), 70 mg dm⁻³, já no solo argiloso todos os tratamentos apresentaram níveis acima dos recomendados, mostrando que o solo argiloso já possuía um potencial fertilizante mesmo antes dos tratamentos. Observa-se que os incrementos de K no solo de textura média, foram significativos com os aumentos da dose de ARS (Tabela 6),

No solo de textura média a disponibilidade de K foi maior nas doses de 120, 180, 240 e 300 m³ ha⁻¹, seguida da dose de 60 m³ ha⁻¹ e posteriormente da adubação mineral (controle positivo) e no tratamento controle (0 m³ ha⁻¹). Observando o nível do elemento no início do experimento (16 mg dm⁻³) observa-se a facilidade de lixiviação do potássio e também o incremento que a ARS proporcionou. No solo argiloso a dose de 180 m³ ha⁻¹ resultou na maior disponibilidade de potássio, mostrando um pico nesta dose. As doses de 120, 240 e 300 m³ ha⁻¹ foram significativamente maiores que a adubação mineral e as doses de 0 e 60 m³ ha⁻¹ e não diferiram entre si. Comparando os

níveis de potássio no solo argiloso antes do experimento com no final do experimento todas as doses reduziram, indicando que houve elevada extração desse elemento.

De acordo com Scherer (2002), o potássio aplicado na forma de adubo orgânico comporta-se como K aplicado na forma mineral, uma vez que ele não faz parte de nenhum composto orgânico estável. Portanto, não precisa sofrer mineralização por ação de microrganismos, tornando-se disponível no solo rapidamente.

Os níveis de matéria orgânica (M.O.) iniciais do solo argiloso apresentavam maior disponibilidade, quando comparados com o solo de textura média (Tabela 1), 3,5 e 0,6 dag kg⁻¹, respectivamente. Após as aplicações das diferentes doses observa-se que manteve a diferença entre os teores nos solos médios e argilosos, porém praticamente não houve incremento entre os teores com a aplicação dos tratamentos. Esse comportamento foi observado, pois a ARS, tem baixa concentração de sólidos totais (ST), o que reduz seu incremento. Já Cunha (2009) indica que o incremento de M.O. deve-se mais ao aumento de produção de MS, de parte aérea e radicular dos cultivos sobre aplicação de água residuária, do que ao próprio teor de M.O. da ARS.

Asmann et al. (2006) não observaram aumento no teor de matéria orgânica com a aplicação efluentes líquidos de suinocultura. De acordo com os autores, devem ser consideradas características intrínsecas do esterco utilizado, em que a qualidade dos compostos orgânicos pode determinar maior ou menor acúmulo de matéria orgânica no solo, uma vez que dependendo do tratamento utilizado, tem-se redução da concentração de M.O.

A condutividade elétrica (CE), não variou entre o solo de textura média e argiloso, nos tratamentos controle (0 m³ ha⁻¹ de ARS e adubação mineral), e na menor dose de ARS (60 m³ ha⁻¹ de ARS), nas demais doses a condutividade elétrica foi superior no solo argiloso que no médio. Girotto et al., (2010) observaram o aumento da CE se deve aos aumentos significativos nas concentrações de cátions, como K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, e de ânions, como NO₃⁻ e Cl⁻.

A condutividade elétrica apresentou em média maiores valores no solo argiloso, sendo que houve diferença significativa entre os tipos de solo, somente onde aplicou-se as doses de ARS entre 120 e 300 m³ ha⁻¹. A maior condutividade elétrica foi observada na dose de 300 m³ ha⁻¹, com 20,74 µS cm⁻¹, seguida das doses 240, 180 e 120 m³ ha⁻¹,

com 17,97, 15,65 e 16,25 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente. Na dose de 60 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, e nos controle positivo e negativo, com 11,91, 12,87 e 11,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$, não diferiram significativamente entre si. Os valores observados estão muito abaixo dos descritos por Medeiros et al., (2011) para que o solo não seja classificado como normal. Brandão e Lima (2002) observaram valores de CE próximos a 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, em cultivos de Pinnus no Cerrado, valores próximos aos observados neste experimento.

Medeiros et al., (2011) observaram em parcelas submetidas à aplicação do efluente de suinocultura tratado, sem diluição foram as que mostraram os maiores valores de CE (190,32 e 121,17 $\mu\text{S cm}^{-1}$), ficando 90 e 78 % acima dos detectados inicialmente, respectivamente. Apesar desse aumento, não foram observados indícios de salinização na área experimental, por serem os valores inferiores a 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Concluíram que os tratamentos apresentaram valores médios de CE (132 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e com os valores médios de Na trocável (1,5 %) no perfil do solo, o solo continuou sendo classificado como normal.

Observou-se diferença entre os solos nos teores de B, exceto nas doses de 240 e 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ onde elas não diferiram significativamente (Tabela 5). Os teores observados de B estão abaixo dos considerados ideais pela CFSEMG (1999), em que 0,60 mg dm^{-3} , em média os teores observados encontram-se classificados como muito baixo ($>0,15 \text{ mg dm}^{-3}$).

Em relação ao cobre (Cu), houve diferença entre os teores em todos os tratamentos (Tabela 5), em que se observam os maiores valores no solo argiloso. Os maiores valores em solos argilosos são em função da adição de Cu aumenta a quantidade livre na solução do solo e, rapidamente, é transferida à fase sólida, de acordo com a quantidade e constituição da fração argila. No caso do Cu, o fenômeno de adsorção aos grupos funcionais da matéria orgânica parece ser preponderante (L'HERROUX et al., 1997; HAN et al., 2000; BORGES & COUTINHO, 2004; NACHTIGALL et al., 2007).

Observou-se que os teores de Cu são maiores nos tratamentos em que recebeu ARS. De acordo com a CFSEMG (1999), o nível crítico é de 1,2 mg dm^{-3} , os teores médios observados estão bem abaixo do ideal, classificados como muito baixo. Gomes Filho et al., (2001) constataram baixa mobilidade de cobre no solo, afirmando que esse elemento é, entre os metais pesados, um dos mais fortemente absorvidos ou

complexados pelo solo. Segundo Lopes (1999), a presença excessiva de íons metálicos, como ferro, manganês e alumínio, reduz a disponibilidade de cobre para as plantas.

Tabela 5. Concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mn) e sódio (Na) nos solos com *Corymbia citriodora* e submetidos a diferentes doses de ARS e adubação mineral.

Textura do solo	-----Doses de ARS (m ³ ha ⁻¹) -----						Adubação Mineral	Média
	0	60	120	180	240	300		
B (mg dm ⁻³)								
Média	0,05b	0,06b	0,08b	0,07b	0,08a	0,08a	0,05b	0,07
Argiloso	0,10a	0,13a	0,14a	0,20a	0,11a	0,11a	0,09a	0,12
CV(%)	19,99							
DMS	0,03							
Cu (mg dm ⁻³)								
Média	0,73b	1,27b	1,65b	1,47b	2,07b	2,62b	0,78b	1,51
Argiloso	5,27a	6,05a	6,40a	6,22a	6,47a	6,82a	5,40a	6,09
CV(%)	10,89							
DMS	0,21							
Fe (mg dm ⁻³)								
Média	29,25a	26,75a	24,5a	29,25a	33,25a	36,75a	40,50a	31,46
Argiloso	17,5b	19,75b	20,5b	21,00b	21,75b	20,50b	19,75b	20,10
CV(%)	8,44							
DMS	1,17							
Mn (mg dm ⁻³)								
Média	0,85b	1,10b	1,28b	1,55b	1,33b	1,43b	0,70b	1,17
Argiloso	46,90a	58,62a	55,47a	77,32a	74,75a	74,20a	54,77a	63,15
CV(%)	15,35							
DMS	7,04							
Zn (mg dm ⁻³)								
Média	0,30b	0,5b	0,77a	0,75b	1,35b	1,70a	0,30b	0,82
Argiloso	1,15a	1,3a	1,07a	1,82a	2,20a	2,12a	1,13a	1,54
CV(%)	20,95							
DMS	0,13							
Na (mg dm ⁻³)								
Média	2b	2,25b	4,25b	4,25b	5,25b	5,75b	2b	3,68
Argiloso	12,25a	7,25a	20,75a	26,75a	23a	32a	9,25a	18,75
CV(%)	12,42							
DMS	0,75							

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

Girotto et al., (2010) observaram que em sucessivas aplicações de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos, que representaram a adição de 64 kg ha^{-1} de Cu nas 17 aplicações de dejetos, proporcionaram aumento nos teores de Cu extraídos por todos os extratores, no solo da camada de 0-2 cm. O mesmo comportamento foi observado por Basso et al., (2012), que observaram para o Cu e Zn, das 13 propriedades em que foram feitas as coletas de solo na região Oeste de Santa Catarina, 69% delas mostraram um teor maior quando da aplicação de dejetos líquido de suínos, ou seja, uma tendência de acúmulo desses elementos no solo com o passar dos anos e aumento do número de aplicações. Esses resultados justificam a indicação de monitoramento já que zinco e cobre são dois importantes elementos à nutrição animal e presentes nos complexos minerais usados na formulação de rações.

Houve diferença entre os teores de Fe entre os solos avaliados (Tabela 5). De acordo com a CFSEMG (1999), teores de 30 mg dm^{-3} , representam os níveis críticos desse elemento. No solo argiloso em todos os tratamentos os teores encontram-se abaixo do nível crítico, já no solo de textura média observa-se que nas duas maiores dosagens de ARS (240 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e o tratamento com adubação mineral o teor encontra-se acima do nível crítico.

Para o Mn todos os tratamentos variaram entre as texturas avaliadas, porém já na caracterização (Tabela 1), os solos apresentaram essa diferenciação. Porém observa-se que houve incremento de Mn, com as aplicações de ARS. Sfredo et al., (2006) baseado no método Mehlich, estimou faixas de Mn no solo em mg dm^{-3} , para interpretação do teores em solos do Paraná, onde determinou teor baixo para valores menores que 1,2 a 15, médio de 1,3 a 30 e teores altos para valores acima de 30. Se observarmos os dois tipos de solos avaliados, pode-se dizer que para o solo argiloso todos os tratamentos encontram-se na faixa de teor muito alto, e o solo de textura média classificados como teor baixo. Mais uma vez comprovando a necessidade de se avaliar as texturas de solos, em projetos com aplicação de ARS e outros resíduos.

O Zn apresentou diferenças significativas entre o solo argiloso e de textura média, exceto nas doses de 120 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Os teores de Zn no solo de textura média observou-se um incremento de $1,40 \text{ mg dm}^{-3}$, quando aplicado $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS com concentração de 5 mg L^{-1} de Zn, o que mostra a grande concentração do elemento na ARS. De acordo com a CFSEMG (1999), o nível crítico de Zn é de $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$, na

maioria dos tratamentos os teores encontram-se dentro do nível crítico, o que indica que deve-se realizar o monitoramento para os teores não sofrerem elevação.

Segundo Girrotto (2007), aplicações sucessivas de ARS no solo ocasionam acúmulo de Zn em camadas superficiais, em que foram encontrados acúmulos significativos de Zn até a camada de 10 cm de profundidade. O autor defende que o acréscimo nos teores de Zn ocorrem baseando-se nas altas concentrações desse metal encontradas nos dejetos.

Os níveis de Na foram diferentes entre as diferentes texturas em todos os tratamentos. No solo de textura média, os teores encontram-se menores do que no solo argiloso. O aumento de Na ocorreu devido às características intrínsecas da ARS, com 200mg L^{-1} . Os estudos com incrementos de Na oriundos da aplicação de ARS, são importantes, pois a concentração do elemento é alta e o Na, interfere no complexo de troca da CTC do solo.

O sódio está presente em grandes quantidades na ARS, pois o NaCl (Cloreto de sódio) é adicionado nas rações como palatabilizante, e fornecido aos animais e conseqüentemente eliminado nos dejetos e aumentando a salinidade. A salinização de solos agrícolas, tem grande importância e deve ser considerada, tanto quanto as possíveis contaminações realizadas pelo incremento de nitrogênio, fósforo, metais pesados e organismos patogênicos (LI-XIAN et al. 2007).

A salinização do solo interfere na condutividade elétrica, relação de absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente Na/Ca, Na/Mg e Na/Ca + Mg, quanto maior a adsorção de Na, maior será a dispersão da argila, o que pode comprometer a estruturação dos solos, e contribuir com o prejuízo da porosidade do solo, podendo ocasionar uma impermeabilização (MEURER et al. 2012). O excesso de sais no solo provoca redução na absorção e no transporte de nutrientes essenciais ao desenvolvimento de plantas cultivadas. As reduções ocorrem em função das respostas fisiológicas decorrentes de alterações no balanço iônico, potencial hídrico, fechamento estomático, eficiência fotossintética, e alocação de carbono, entre outros processos (CAVALCANTI et al. 2010).

CONCLUSÃO

Há diferenças significativas na concentração de nutrientes entre solos de texturas arenosas e argilosas com aplicação de ARS.

A ARS promove alterações em alguns atributos químicos de solo.

A condutividade elétrica é alterada pela ARS.

REFERENCIAS

- ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**, Manaus -AM v.42(1). p.49-58. 2012.
- ASSMANN, A. P.; SANTOS, I.; ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A.; MALAGI, G. Efeito de doses crescentes de esterco líquido de suínos na intensidade de antracnose e produtividade de soja. **Synergismus scyentifica** UTFPR, Pato Branco, v.1, n.1-4, p.1-778, 2006.
- ASSMANN, T. S. CASSOL, L. C.; DIEHL, R. C.; MANTELI, C. MAGIERO, E. C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG. v. 31, n. 06, p. 1515-1523, 2007.
- BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K.R.; PINHEIRO, E. P. Produção e composição químico- bromatológica da brachiaria brizantha cv. marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiania – GO. v. 08, n. 03, p. 435-446, 2007.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; FLORES, É. M. M.; GIROTTO, E. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 653-659, 2012.
- BERTO, J. MIRANDA, C. R. A sustentabilidade ambiental das propriedades suinícolas da microrregião do meio oeste catarinense: Uma avaliação com base no balanço de nutrientes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Chapecó, SC. v.2, n.1, fev. 2007.
- BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; RHEINHEIMER, D. S. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **R. Bras. Ci. Solo**, Santa Maria- RS. 32:2525-2532, 2008.
- BORGES, M. R. & COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. I-Fracionamento. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa – MG. 28:543-555, 2004.
- BOUWER, H. Groundwater problems caused by irrigation with sewage effluent. **Journal of Environmental Health**, v.63, p.17-20. 2000
- BRANDÃO, S.L.; LIMA, S. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de Pinos e Cerrado na Chapada, em Uberlândia ((MG). **Caminhos da Geografia**, UFU. v. 3 n. 6, p. 46-56. 2002.
- CAVALCANTE, L. F.; MONTESQUIEU, S. V.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Agua salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, V. 32, n. 1, 2010.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R. & VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília. v.38, 2003. p. 729-735.

CNRH 2005 Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14. Acesso em 12/02/2016.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(CFSEMG), **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a aproximação** – Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, p.180.

CORDELL, D. The story of phosphorus: missing global governance of a critical resource. **Paper prepared for SENSE Earth Systems Governance**, Amsterdam, 2008.
CUNHA, J. L. **Impacto ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 2009. 91f. . Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2009.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec** Lavras , v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Dec. 2011 .

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261p.
GELFAND I.; SAHAJPAL R.; ZHANG X. S.; IZAURRALDE R. C.; GROSS K. L.; ROBERTSON G. P.; Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest. **Nature**, EUA. 493:514. 2013.

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

GILBERT, N. The disappearing nutrient. **Nature**, EUA. 461:716-718. 2009.

GIROTTI, E.; CARETTA, C. A.; SANTOS, D. R. BRUNETTO, G.; ANDRADE, J. G.; ZALAMENA, J. Forms of losses of copper and phosphorus in water of runoff and percolation in soil with successive pig slurry application. **Cienc. Rural, Santa Maria** , v. 40, n. 9, p. 1948-1954, set. 2010.

GOMES FILHO, R.R.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D.; MARTINEZ, H.E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.131-134, 2001.
HAN, F. X.; KINGERY, W. L.; SELIM, H. M.; GERALD, P. Accumulation of heavy metals in a long-term poultry waste amended soil. **Soil Sci.**, 165:260-268, 2000.
IBGE **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 28, p.1-69, 2013.

KLINGLMAIR, M.; SALA, S.; BRANDÃO, M. Assessing resource depletion in LCA: a review of methods and methodological issues. **Int. J. Life Cycle Assess**, Barcelona. 19, 580e592, 2014.

LAMBIN, E. F.; GIBBS, H. K.; FERREIRA, L.; GRAU, R.; MAYAUX, P.; MEYFROIDT, P.; MORTON, D. C.; RUDEL, T. K.; GASPARRI, I.; MUNGER, J. Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. **Global Environmental Change**, Louvain-la-Neuve, Belgium. v. 23, n. 5, p.892-901, 2013.

L'HERROUX, L.; LE ROUX, S.; APPRIOU, P.; MARTINEZ, J. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany **Environ. Poll.**, França 97:119-130, 1997.

LI-XIAN, Y.; GUO-LIANG, L.; SHI-HUA, T.; GAVIN, S.; ZHAO-HUAN, H. Salinity of animal manure and potential risk of secondary soil salinization through successive manure application. **Science of the total Environment**, Amsterdam, v. 383, n. 1-3, p. 106-114, 2007.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: Filosofias de aplicação e eficiência agronômica** – São Paulo: ANDA, 1999. Boletim Técnico N°8. 58p.

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande , v. 15, n. 2, p. 170-177, fev. 2011.

MANCINI, L.; DE CAMILLIS, C.; PENNINGTON, D. **Security of Supply and Scarcity of Raw Materials: Towards a Methodological Framework for Sustainability Assessment**. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2013.

MARTINS, M.; SILVA, J. R. M.; LIMA, J.T.; GONÇALVES, M.T.T.; FILIPE, A.P. Simulação em uso dos pisos de madeira de Eucalyptus sp e Corymbia maculata. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 151-156, jan./mar. 2013.

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

MEDEIROS, S. S. DE; GHEYI, H.R.; PÉREZ-MARIN, A.M.; SOARES, F.A.L.; FERNANDES, P.D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1047-1055, 2011.

MEURER, E. J.; BISSANI, C.A.; CARMONA, F.C. **Solos ácidos e solos afetados por sais**. IN: MEURER, E.J. (ED.) Fundamentos de química do solo. 5 ed. Porto Alegre:EVANGRAF, 2012.

NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F. Formas de cobre em solos de vinhedos em função do pH e da adição de cama-de-frango. **Pesq. Agropec. Bras.** Bento Gonçalves – RS. 42:427-434, 2007.

- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. 45 p. (Documentos, 129).
- PENA, C. A geopolitical model for the implementation of life cycle thinking based methodology in Latin America. In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE MANAGEMENT E LCM 2013 **Anais...** Gothenburg, Sweden, 2013.
- PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Rumo a uma economia verde. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza** – Síntese para Tomadores de Decisão. 2011. Acesso em: <http://www.unep.org/greenconomy/Portals/88/documents/ger/Green_Economy_Full_report_pt.pdf>.
- REZENDE, V. O. **Efeito da Fertirrigação com Água Residuária de Suinocultura nos Atributos Químicos do Solo e na produção dos Capins Tifton 85 e Xaraés**. 47f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SANTOS, R, C, dos. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalipto**. 159 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2010.
- SCHERER, E. E. **Aproveitamento do Esterco de Suínos como Fertilizante**. In: EMBRAPA SUINOS E AVES. Curso de capacitação em praticas ambientais sustentáveis: treinamento 2002. Concórdia, 2002.
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa Catarina. v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.
- SCHNEIDER, L.; BERGER, M.; SCHÜLER-HAINSCH, E.; KNÖFEL, S.; RUHLAND, K.; MOSIG, J., BACH, V.; FINKBEINER, M. The economic resource scarcity potential (ESP) for evaluating resource use based on life cycle assessment. **Int. J. Life Cycle Assess.** 2014.
- SEGANFREDO, M. A. 2001. **Aplicação do princípio do balanço de nutrientes, no planejamento do uso de dejetos de animais para adubação orgânica**. Brasília: EMBRAPA 5 p. (Comunicado Técnico, 291).
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; OLIVEIRA, F. A & CASTRO, C. Estimativa do Nível Crítico de Manganês Trocável em Solos do Paraná. In. **Anais...** IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA 5 a 8 de junho de 2006 – Londrina PR- Brasil.
- SILVA, A. A. ; REZENDE, V. O. ; LANA, R. M. Q. Propriedade Bonsucesso no Triângulo mineiro: sua importância no aproveitamento de resíduos orgânicos e manejo de pastagens irrigadas. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS **Anais...** Uberlândia –MG 2012.
- SONNEMANN, G. Geopolitical Implications of Life Cycle Assessment. **Europe Annual Meeting**. SETAC, Glasgow, UK, 2013.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. **Óleo essencial de eucalipto**. Piracicaba: ESALQ, 2003.
(Documentos Florestais, 17).

CAPÍTULO 3 – Utilização de água residuária de suinocultura na implantação de um sistema agroflorestal (Corymbia X Pastagem).

RESUMO

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Universidade Federal de Uberlândia, Fevereiro, 2016. **Utilização de água residuária de suinocultura na implantação de um sistema agroflorestal (Corymbia X Pastagem).** Orientadora: Adriane de Andrade Silva. Coorientador: Marcos Vieira de Faria.

O uso da água residuária de suinocultura (ARS) como fonte de nutrientes, matéria orgânica e água é uma alternativa que beneficia os produtores reduzindo os gastos com fertilizantes minerais e otimizar os sistemas de produção promovendo a diversificação de renda. Também beneficia o meio ambiente, reciclando os dejetos de animais, reduzindo a emissão de gases impactantes do meio ambiente, patógenos e reduzindo a extração de fertilizantes minerais. Objetivou-se avaliar os atributos químicos de um solo com aplicação de ARS na implantação de sistema agroflorestal. Foi conduzido um experimento visando verificar os efeitos da aplicação de doses de ARS (0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), parceladas em três aplicações (junho, julho e agosto de 2015), em um latossolo vermelho-amarelo de textura arenosa avaliados na projeção da copa e na linha de plantio do *corymbia*. Foram avaliados os atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm de profundidade um mês após a última aplicação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Não observou-se diferença entre a acidez potencial (H+Al), em ambos os pontos de avaliação, o que surge que a aplicação da ARS não promoveu alteração nos atributos relacionados com a acidez do solo. Os teores de sódio na projeção da copa na dose sem aplicação de ARS o teor era de 18 mg dm⁻³, já na menor dosagem de ARS o incremento foi de 400%, e na maior um aumento de 1.022%, com relação ao tratamento sem aplicação. Já na linha de plantio, em que na dose sem aplicação de ARS o teor era de 27,50 mg dm⁻³, na menor dosagem de ARS o incremento foi de 754%, e na maior um aumento de 1.318%. Para o potássio observou-se um incremento de 139% em relação ao tratamento sem aplicação de ARS. Chegando o acréscimo a até 197% observado na maior dosagem. Observa-se que na projeção da copa os teores observados foram de 2,51 a 3,85 cmol_c dm⁻³, e na linha de plantio os teores foram de 3,00 a 5,04 cmol_c dm⁻³, respectivamente as doses crescentes de ARS de CTC - T. Observou-se que na projeção da copa os teores observados foram de 1,31 a 2,55 cmol_c dm⁻³, e na linha de plantio os teores foram de 1,57 a 3,91 cmol_c

dm^{-3} , respectivamente as doses crescentes de ARS na CTC - t. No tratamento controle ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), a saturação por bases era de 48,10 abaixo do ideal para o cultivo de algumas culturas, mas nas doses de 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o V% encontra-se acima de 60%, saturação considerada ideal para a maioria das culturas. A aplicação de ARS não promoveu incrementos significativos ($P>0,05$), nas diferentes áreas de amostragem, para os macronutrientes (P, S, Ca, Mg) e para os teores de Al, MO, e boro. O uso de dejetos suíno condicionou o solo a várias alterações, CTC-T, CTC-t, SB, potássio, cobre, zinco, ferro, manganês e, principalmente, os teores de sódio, sendo ele um importante limitante na aplicação de dejetos suíno em lavouras.

PALAVRAS-CHAVE: Dejetos de suíno, nutrientes, syn *Eucalypto*, metais pesados, salinização.

ABSTRACT

PEREIRA JUNIOR, Ademir Martins, Federal University of Uberlandia, February, 2016.
Wastewater use in swine agrosilvopastoral system. Advisers: Adriane de Andrade silva. Co-Adviser: Marcos Vieira de Faria.

The use of swine wastewater (ARS) in crops as a source of nutrients, organic matter and water is an alternative that benefits producers by reducing spending on mineral fertilizers and diversify their sources of income, and also benefits the environment by minimizing the mineral extraction and pollution from swine manure. Therefore, this study aimed to evaluate the chemical properties of a sandy soil on the application of wastewater swine. An experiment was conducted in order to verify the effects of the application of increasing doses of swine wastewater (0, 200, 400, 600 and 800 m³ ha⁻¹ yr⁻¹), divided in three applications in the months of June, July and August 2015 on a oxisol. chemical soil characteristics were evaluated at 0-20 cm depth, one month after the last application. The experimental design was a randomized blocks. Data were subjected to analysis of variance and then the regression analysis. No difference was observed between the potential acidity levels (H + Al), in both evaluation points, which proves that the application of ARS promoted no change in the attributes correlated with soil acidity. The sodium content in the crown projection dose without ARS application content was 18 mg dm⁻³, as the lower dose of ARS, the increase was 400%, and mostly an increase of 1,022%, with respect to treatment without application. Already in the row, wherein the dose without ARS application content was 27.50 mg dm⁻³ at lower dosage ARS the increase was 754%, and most an increase of 1318%. For potassium observed an increase of 139% compared to the treatment without application of ARS. Arriving adding up to 197% observed in the higher dose. It is observed that the crown projection observed levels were 2.51 to 3.85 cmol_c dm⁻³, and the planting row contents were 3.00 to 5.04 cmol_c dm⁻³, respectively increasing doses CTC ARS - T. Note that the crown projection observed levels were 1.31 to 2.55 cmol_c dm⁻³, and the planting row contents were 1.57 to 3.91 cmol_c dm⁻³, respectively increasing doses of CTC ARS - t. At a dose 0 m³ h⁻¹, the base saturation was 48.10 suboptimal for the cultivation of some cultures, but at the doses of 600 and 800 m³ h⁻¹, V% lying above 60%, saturation considered by CFSEMG (1999) as ideal for most crops. The application of ARS did not

promote significant increase ($P > 0.05$) in different areas of sampling for macronutrients (P, S, Ca, Mg) and the contents of Al, MO, and boron. The Cu content in observed ARS dose provided an increase of 42% at the lowest dose and increasing it to 161% higher dose, with reference to control. In relation to the zinc content (Figure 8 B), it is observed that at the dose 0 m³ h⁻¹ content of 1.08 mg dm⁻³, the increase in the first ARS dose is 18% and reaching up to 139 % at a dose of 800 m³ h⁻¹. It is considered ideal if the Zn content considered by CFSEMG (1999) of up to 1.5 mg dm⁻³, i.e., the first application ARS concentration lies above the ideal application in treatments with the top 400 m³ ha⁻¹. The Fe concentration was increased, ranging from 38.5 to 52 mg dm⁻³. For manganese (Mn), it is observed that the levels varied between 3.8 to 5.37 mg dm⁻³. The swine manure conditioned the soil to various changes, CTC-T, CTC-T, SB, potassium, copper, zinc, iron, manganese, and especially the sodium levels, it is a limiting important in the application of swine manure in crops.

KEYWORDS: pig manure, nutrients, country, heavy metal, sodium.

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira caracteriza-se por possuir a maior parte do rebanho criado a pasto (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), o que promove redução de custos, com menores riscos econômicos, pela menor dependência de insumos externos, e com possibilidade de geração de menores impactos ambientais, com melhoria no bem-estar animal e a geração de um produto tido como mais saudável, com qualidade nutricional elevada (DALEY et al., 2010; NUERNBERG et al., 2005).

Atualmente, o Brasil ocupa a posição mundial de maior exportador de carne bovina e o segundo maior produtor, o que teve sua posição mantida em função da melhoria nas qualidades sanitárias e também ao crescente apelo mercadológico, do chamado “boi verde” ou “boi de capim” (*grass-fed beef*), forte componente para a conquista de mercados mais exigentes (DIAS-FILHO, 2014).

Devido à necessidade de aumentar a produtividade de matéria seca das pastagens, a utilização de água residuária de suinocultura torna-se uma alternativa viável para promover o aumento na produção de forragem (ASSIS, 2007), pois fornece macro e micronutrientes, matéria orgânica, e água. Segundo Barnabé et al., (2007) e Medeiros et al., (2007), a aplicação pode substituir, satisfatoriamente a aplicação de adubação mineral em uma pastagem de *Brachiaria brizantha*. Com o incremento destes nutrientes há o melhor desenvolvimento de sistemas radiculares, promove melhor agregação das partículas do solo e, conseqüentemente, prevenindo também a degradação da pastagem e melhorando as qualidades físicas, químicas e microbiológicas do solo.

A diversidade dos sistemas produtivos animais e suas interações fazem com que as análises entre produção animal e meio ambiente sejam complexas e muitas vezes contraditórias. Portanto, um programa ambiental para este setor deve ser caracterizado por uma abordagem integrada no qual legislação e tecnologias são combinadas em um painel com objetivos múltiplos (FAO, 2006).

Entre os usos múltiplos possíveis encontram-se os sistemas agrosustentáveis, em que é possível unir diversos usos, como o cultivo de espécies destinadas a produção de madeira/celulose, cultivo de biomassa vegetal (pastagens, grãos, e outros cultivos alimentícios), ciclagem de nutrientes (via aplicação de água residuária, ou dejetos de animais).

As plantas forrageiras, bem como quaisquer outras de interesse econômico, devem ser bem nutridas para apresentar produtividade adequada de massa seca, conjugada com adequado valor nutritivo, visando ao atendimento das exigências dos animais. O manejo incorreto pode acarretar na degradação e alterações desse agroecossistema, isto é, não provendo o desenvolvimento sustentável e comprometendo assim a atividade pecuária, deixando esta com baixos índices zootécnicos e elevado potencial de degradação ambiental (ALVARENAGA e DAVIDE, 1999; RODRIGUES, 2002; OLIVEIRA et al., 2013).

Para a criação de sistemas agroflorestais, tem-se incentivado na região do Cerrado brasileiro o consórcio de gramíneas e florestais, as mais utilizadas tem sido do gênero *Urocloa* consorciada *C. citriodora*. As gramíneas estão amplamente difundidas em todo o território brasileiro, representando cerca de 70 a 80% das áreas formadas de pastagens, onde se encontra a maior parte do rebanho de corte (EL-MEMARI NETO et al., 2009, FRANCO et al., 2012). O *Corymbia* destaca-se pela facilidade de cultivo, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para usos múltiplos, boa fonte de renda para o produtor e principalmente por apresentar uma arquitetura de copa que permita a sua consorciação tanto com as culturas de grãos quanto com o pasto (VIANA et al., 2012).

Esta opção é viável para a utilização em sistemas agroflorestais pecuários ou sistemas silvipastoris (SSP's), que consistem em um modo de manejo sustentável da terra que combina deliberadamente a produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e, ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na mesma unidade de terreno, otimizando o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (BERNARDINO & GARCIA, 2009). A compatibilização da produção florestal com a agropecuária desperta interesse principalmente devido aos altos custos de implantação e manutenção de florestas e a crescente exigência quanto a aspectos ambientais nos processos produtivos na agricultura e pecuária (MACEDO et al., 2006).

A suinocultura é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro. Seu impacto ambiental é causado devido a grande quantidade e ao alto teor de nutrientes da água residuária produzida pelos sistemas confinados de produção. Porém, os nutrientes presentes são macro e micronutrientes que apresentam potencial para utilização na fertilização de áreas destinadas a cultivos agrícolas. Entre as formas de aplicação tem-se utilizado para a aplicação da água residuária de suinocultura (ARS) a fertirrigação, que

é uma técnica que consiste na aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo por meio de sistemas de irrigação. O uso da água residuária de suinocultura vem sendo cada vez mais enfatizado como alternativa para minimizar custos com a adubação mineral e promover aumento na produção de matéria seca ($t\ MS\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) (SERAFIM, 2010). Tal técnica tem sido usada frequentemente por muitos agricultores pela facilidade da aplicação e pouca demanda de mão de obra.

No setor florestal, a implantação de sistemas de irrigação adequados poderia proporcionar melhor qualidade às mudas, reduzir a ocorrência de doenças e lixiviação de nutrientes, promover maior pegamento no campo, antecipar o corte e homogeneizar o desenvolvimento das plantas, levando a um incremento na produtividade (GRUBER et al., 2006).

Considerando a adaptação das espécies ao cultivo em sistema SAF's, tanto para a escolha da espécie florestal, quanto da cultura e forrageira a ser plantada, deve-se levar em consideração informações como: adaptações às condições ambientais (clima, solo, manejo); características da propriedade (tradição de cultivo, nível tecnológico, assistência técnica, infraestrutura e logística); mercado para os produtos (FRANCO et al., 2012). A espécie florestal deve ser escolhida de acordo com o tipo de exploração que o povoamento a ser implantado se destina (celulose, lenha, carvão, madeira).

Os benefícios para o solo, decorrentes da implantação de sistemas silvipastoris resultam da melhoria, a médio e longo prazo, na ciclagem de nutrientes, causada pela absorção dos nutrientes pelas raízes das árvores, de camadas mais profundas do solo e a posterior deposição no solo superficial de parte desses nutrientes, pela decomposição de folhas, raízes etc. Sem a intervenção das raízes das árvores, atuando como "rede de retenção", parte desses nutrientes é perdida por lixiviação, ou fica indefinidamente indisponível para a vegetação local. Sistemas silvipastoris possuem, também, a capacidade de utilizar a água das camadas mais profundas do solo, a qual poderia normalmente ser perdida em sistemas tradicionais de pastagens (GYENGE et al., 2002), bem como, o baixo ou nenhum uso de insumos químicos e de mecanização. Em termos econômicos, os SSP's têm o potencial de diversificar a renda da propriedade rural pela possibilidade de comercialização dos produtos gerados pelas árvores, como madeira, frutos, óleos, resinas etc., além de agregar valor à área.

Para aumentar à eficiência produtiva e reduzir os custos de produção a introdução da pecuária cumpre importante função no SSP's. (GARCIA et al., 2009). Os SSP's podem ainda garantir a eficiência no controle de plantas invasoras do sub-bosque por meio do pastejo e pisoteio, evitando, assim, acúmulo da vegetação herbácea e, por consequência, reduzir o risco de incêndios e aceleração da ciclagem de nutrientes. Até 90% dos nutrientes minerais (incluindo o nitrogênio) contidos na forragem consumida pelos animais em pastejo retornam à pastagem via fezes e urina.

Os SSP's atendem as questões internacionais envolvendo o mercado de carnes, sendo uma alternativa para a implementação de um sistema de produção que ofereça alta rentabilidade, aliado à conservação florestal, consolidação da dinâmica produtiva que permite usar a terra de modo perene, reduzindo a abertura de novas áreas de pastagens (CORRÊA et al., 2005).

Considera-se esse um modelo mais sustentável para a atividade agropecuária. Os sistemas silvipastoris (SSP's) além de possibilitarem uma maior produtividade em longo prazo e venda de outros produtos originários das árvores, podem prestar “serviços ambientais” os quais podem significar nova fonte de receita (REIS et al., 2012). As árvores, além de serem cada vez mais necessárias para melhorar a produção, a qualidade e a sustentabilidade das pastagens, contribuem para o conforto dos animais, pela provisão de sombra, atenuam as temperaturas extremas e diminuem o impacto da chuva e do vento e servem até de abrigo (CARVALHO, 1998).

Faz muito tempo que se encontram relatos da qualidade do estabelecimento do eucalipto no Brasil, com mais de 90 anos de experiência em plantio de eucalipto e a tecnologia aplicada favorece uma produtividade ótima em termos de silvicultura. Segundo as associadas individuais e coletivas da ABRAF (2013), estima-se que em 2012, a área ocupada por plantios florestais de *Corymbia* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812 ha⁻¹, sendo 76,6% correspondente à área de plantios de *Corymbia* e 23,4% aos plantios de *Pinus*.

No início desta década, o Brasil ocupava a primeira posição internacional quando se falava em menor custo de produção de madeira de processo. No entanto, em 2012, passamos para a quarta posição devido às questões financeiras, como o aumento da inflação e outros custos que tem incidido sobre o setor. Ou seja, é mais caro produzir

madeira para a indústria de celulose no Brasil do que na Rússia, Indonésia e Estados Unidos (PÖYRY, 2012).

Em âmbito estadual, os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná detinham em 2012, 83,6% dos plantios do gênero *Corymbia*. O estado que ocupa o primeiro lugar é o de Minas Gerais com 28,2% da percentagem nacional de áreas plantadas (ABRAF 2013).

Segundo o LOPES (2015), a indústria de base florestal no Brasil ampliou suas vendas ao exterior em 2014. As exportações de celulose, papel e madeira foram de US\$ 5,29 bilhões, US\$ 1,93 bilhão e US\$ 2,73 bilhões, respectivamente. Segundo estimativas, o produto interno bruto setorial é da ordem de US\$ 56 bilhões, o que representa 1,2% de toda a riqueza gerada pelo país e cerca de 24% do valor adicionado ao PIB pelo setor agropecuário. O valor da produção primária do setor florestal no país ultrapassa R\$ 13 bilhões anuais e o segmento emprega cerca de 4,5 milhões de pessoas. As florestas plantadas ocupam 7,6 milhões de hectares, menos de 1% da área produtiva do país, mas fica em terceiro lugar no saldo da balança comercial, atrás dos complexos soja e carne.

Entre as espécies de destaque tem-se o *C. Citriodora*, nativo da Austrália, onde era considerada uma panaceia, ou seja, planta com características medicinais, pelos aborígenos (população nativa do país) e posteriormente pelos colonizadores. Seu cultivo atualmente já se espalhou pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo, pois é uma espécie que mostra mais variabilidade na ocorrência natural, quando comparado com as demais espécies de interesse. Em condições naturais adapta-se a temperaturas que variam de 30-32°C nos locais úmidos a 34-36°C nos locais mais secos (BOLAND et al., 1994).

O *Corymbia citriodora* pode ser encontrado em solos que possuem uma razoável fertilidade em solo litólico, montanhoso, declivoso e muito raso, a solos com relevo suave ondulado à plano, com um grau de intemperismo aparentemente mais acentuado até solos com baixa fertilidade como em regiões mais secas, em baixadas com solo arenoso (BARROS et al., 1990).

As folhas de várias espécies de eucalipto são uma rica fonte de óleos essenciais que possuem uma vasta atividade biológica, incluindo fungicida, inseticida, herbicida e acaricida (BATISH et al., 2008). Maffei et al. (2000) encontraram para *C. citriodora*,

concentrações foliares de nitrogênio menores que Malavolta et al., (1997) propôs para o gênero *Corymbia* de 14 a 16 g kg⁻¹. Já para o potássio em Mudas de *C. citriodora* a concentração de nutrientes obtida aos 11 meses de idade foi de 13,00 g kg⁻¹. (MAFFEIS et al., 2000). Esse mesmo autor, em mudas de *C. citriodora* cultivadas em solução nutritiva sob omissão de potássio, observaram que apresentaram menor teor de citronelal. O rendimento em óleo essencial da espécie *C. citriodora* varia de 1% a 1,6%, ou seja, a cada tonelada de biomassa foliar destilada pode ser extraído de 10 a 16 kg de óleoessencial, em que a concentração do seu componente principal citronelal é cerca de 65% a 85% (CINIGLIO,1993).

Para mudas de *C. citriodora* cultivadas em solução nutritiva e submetidas a um tratamento com adição de Ca ao meio de crescimento e outro com omissão do nutriente, foram obtidos valores de concentração do nutriente nas folhas de 5,41 e 3,51 g kg⁻¹, respectivamente, não tendo, no entanto, estes valores diferido um do outro pelo teste de Tukey a 5 % de significância (MAFFEIS et al., 2000), este mesmo autor identificou para o Mg valores de 2,58 g kg⁻¹ no tratamento com fornecimento completo e 1,30 g/kg no tratamento com omissão do nutriente.

A expansão da área reflorestada no Brasil ocorre principalmente em áreas de cerrado, onde os solos possuem uma baixa fertilidade natural, uma alta acidez e uma desuniformidade pluviométrica (LOPES & COX, 1997), ou seja, caracterizadas como de baixa fertilidade para culturas mais exigentes. Os solos agrícolas com baixa fertilidade necessitam da aplicação de compostos complementares, como os fertilizantes, para que a planta se desenvolva com uma capacidade de produção ótima. Dezesete nutrientes são considerados essências para o crescimento das plantas, e podem ser divididos em dois grupos: os minerais e não minerais (MALAVOLTA, 1976).

Todos os elementos são importantes para uma adequada fertilidade do solo e igualmente necessários ao desenvolvimento dos vegetais. A dependência das plantas em relação ao que está disponível nos solos é nítida, sendo assim a necessidade de um planejamento minucioso da relação solo-planta. Na maioria das vezes utilizam-se fertilizantes minerais, porém onde há a possibilidade de reutilização de nutrientes para não exaurir os recursos não renováveis, como as fontes minerais, essa prática deve ser recomendada. Os resíduos de suinocultura possuem um potencial fertilizante a ser

explorado, devido suas características físico-químicas descritas por Serafim (2010), Cunha (2009), Vivan et al. (2010).

A expansão da suinocultura para produção de carnes e seus derivados acompanhou o crescente mercado interno e a participação do Brasil no mercado internacional. Sendo o Brasil o quarto maior produtor de carne suína para exportação (ABIEPCS, 2013). Como consequência dessa expansão no mercado de suínos o volume de resíduos produzidos por pocilgas se tornou uma preocupação para o meio ambiente.

A contaminação do solo, do ar e principalmente dos recursos hídricos ocorre devido a grande concentração de nutrientes na ARS. Os principais elementos poluidores encontrados nos dejetos suínos que afetam as águas superficiais são matéria orgânica, nutrientes e bactérias fecais. (NOLASCO et al., 2005).

Em termos comparativos, o potencial poluidor dos dejetos de suínos é muito superior a de outras espécies de rejeitos orgânicos. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas dejeções de suínos pode atingir até a marca de 544g/animal/dia na média das diversas idades existentes de uma granja de ciclo completo (cobertura, parição, cria, recria e terminação) enquanto a do ser humano é de 54 g/habitante/dia (NOLASCO et al., 2005).

Quando o esterco líquido é aplicado em grades quantidades ou com auto grau de diluição foi observado por Perdomo et al. (2003) percolação ou lixiviação dos nutrientes para camadas inferiores do solo, podendo haver sobrecarga na capacidade do solo, e poluição dos lençóis subterrâneos, o que demonstra a necessidade de estudos em solos de diferentes texturas.

Se por um lado, já se observou alguns problemas ambientais fruto da disposição incorreta, há a necessidade de dar uma destinação adequada os dejetos suínos, ou seja, investir em formas de tratamento, armazenamento, transporte e disposição para que o composto não contamine o meio ambiente. Muitos produtores reclamam que as principais práticas de tratamento, monitoramento de aplicação não têm custos acessíveis dificultando assim que os produtores de dispor de forma correta. Entre as alternativas viáveis de reaproveitamento é a disposição no solo como fonte de nutrientes para plantações. A incorporação de dejetos suínos no solo melhora as propriedades físicas

químicas e biológicas, consequentemente aumentam a produção agrícola (OLIVEIRA, 1993), reduzindo a dependência de fontes minerais para adubação.

As características físico-químicas de cada resíduo sofrem alterações principalmente em função da forma de manejo e com a composição da dieta oferecida aos animais. De maneira geral, os dejetos de suínos contêm de 1,0 a 3,0% de sólidos totais, com concentração média de $2,33 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ de N, $0,83 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ de P, $0,90 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ de K, além de teores dos demais macronutrientes e micronutrientes, sendo o destaque os teores de cobre (de 5 a $49 \text{ mg}^{-1} \text{ kg}$ de dejetos) e zinco (6 a $90 \text{ mg}^{-1} \text{ kg}$ de dejetos), esses elementos são preocupantes pois são utilizados na formulação de rações como promotores de crescimento. Pelo seu baixo custo são utilizadas fontes de baixa disponibilização e em grandes concentrações que não são aproveitadas pelos animais, causando problemas para disposição em solos, esse mesmo problema é observado com o sódio, utilizado como palatabilizante em rações, pode causar salinização dos solos e ocupa a CTC podendo reduzir a absorção de outros nutrientes importantes para as plantas.

O objetivo deste foi avaliar o efeito da aplicação de ARS em um sistema agroflorestal nos atributos químicos do solo na linha de plantio e na projeção da copa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Bonsucesso, em uma área de manejo intensivo de produção de pastagem. A Fazenda está localizada no município de Uberlândia- MG, na rodovia Uberlândia-Campo Florido (MGC-455) Km 20, nas coordenadas geográficas 19°05'17"S e 48°22'00"W sob um Latossolo vermelho-amarelo, com altitude média de 820 metros em relação ao nível do mar. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como tropical típico, com média de precipitação em torno de 1600 mm por ano, apresentando moderado déficit hídrico no inverno e excesso de chuvas no verão.

As amostras de solos foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48 h, caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), trituradas com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas. As análises químicas foram realizadas com base na metodologia da EMBRAPA (2011), e os resultados da caracterização estão apresentados na Tabela 7. Não sendo realizada a prática de correção de solo anteriormente a implantação do experimento para a correção de acidez do solo.

Tabela 6. Caracterização química dos solos utilizados no experimento do campo.

	P _{meh} ⁻¹	K ⁺	S-SO ₄	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Profundidade	-----mg dm ⁻³ -----								cmol _c dm ⁻³	
0-20	9,6	29	0	0,1	0,1	0	0	1	0,9	0,5

Profundidade	pH H ₂ O	Al ⁺³	H + Al	SB	T	t	MO	CO	V	M
	1 - 2,5	-----cmol _c dm ⁻³ -----					dag kg ⁻¹		----%----	
0-20	5,7	0	1,8	1,47	3,27	1,47	1,7	1	45	0

SB = Soma de Bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 V = Sat. Base / m = Sat. Alumínio. P, K, Na = [HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂ SO₄ 0,0125 mol L⁻¹] S-SO₄ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹] Ca, Mg, Al = [KCL 1 mol L⁻¹] / H + Al = [Solução Tampão SMP a pH 7,5] M.O. = Método Colorimétrico B = [BaCl₂. 2H₂O 0,0125% à quente] Cu, Fe, Mn, Zn = [DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3] cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %

A textura do solo foi classificada como arenosa (31,0 % de areia grossa, 48,8 % de areia fina, 8,8 % de silte e 11,4 % de argila), foi caracterizada através do método da

pipeta (EMBRAPA, 2011), coletados na camada de 0-20 cm de profundidade. A caracterização química do solo foi realizada a partir de amostra composta coletada nas camadas de 0-20 cm, intercaladas formando uma amostra composta (EMBRAPA, 2011).

No Sistema agroflorestal o plantio de *C. citriodora* foi realizado em linhas simples, com espaçamento de 2 metros entre plantas e 15 metros entre as linhas de citriodora. Na entrelinha do eucalipto manteve-se a pastagem de *Brachiaria brizantha* que já estava estabelecida no local.

Dois meses antes do plantio das mudas de *C. citriodora* foi realizado o controle de formigas da área experimental e cerca de 200 m nas áreas adjacentes e também foi realizado o controle da braquiaria com glifosato na parcela de eucalipto (2 X 15m), uma área de 30 m² por parcela utilizada no estudo. O plantio das mudas de citriodora foi realizado no mês de dezembro de 2014. O sulcamento da linha de plantio foi realizado com sulcador na profundidade de 40 cm. A adubação de plantio e cobertura para o citriodora foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (CFSEMG, 1999).

No plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi utilizado 150 g por metro linear de superfosfato simples (18% de P₂O₅) e a adubação de cobertura foi realizada com 150 g por planta do formulado 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas infestantes foi realizado com a capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, respectivamente, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

O sistema de irrigação para aplicação da água residuária de suinocultura (ARS) foi instalado no mês de fevereiro de 2015. A aplicação da ARS foi aplicada na projeção da copa do citriodora e as análises de solo foram coletadas na projeção da copa e na linha de plantio, em que foram coletadas com trado do tipo helicoidal em 4 amostras simples por parcela, em cada posição de amostragem, as quais formaram uma amostra composta.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com 5 repetições. As parcelas são de 10 metros de comprimento (5 plantas) por 3 metros de largura, com uma área de 30 m², onde estão sendo aplicados os tratamentos. Os tratamentos são 5 doses de água residuária de suinocultura (ARS): 0, 200, 400, 600 e

800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, sendo as aplicações parceladas em três aplicações, nos meses de junho, julho e agosto de 2015.

A ARS foi coletada sempre que se deu início, meio e fim de um dia de aplicação para formação de uma amostra composta de cada mês e posterior análise apresentada Tabela 2.

A água residuária de suinocultura (ARS) foi proveniente de uma granja com 6.000 animais confinados na fase de engorda da Fazenda Bonsucesso, com produção diária média de 110 m³. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias. Após esse período, a ARS é aplicada nas áreas de agrosilvipastoris.

Tabela 7. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS), sem parcelamento da aplicação, de uma granja de terminação.

Determinação	Unidade	Nutrientes aplicados em 30 m ²			
		Dose Total 200	Dose Total 400	Dose Total 600	Dose Total 800
pH		7,26	7,26	7,26	7,26
Densidade		1	1	1	1
MATÉRIA ORGÂNICA	mg/L	1473,33	2946,67	4420,00	17680,00
CARBONO ORGÂNICO	mg/L	813,33	1626,67	2440,00	9760,00
NITROGÊNIO (N) TOTAL	mg/L	640,00	1280,00	1920,00	7680,00
FÓSFORO (P ₂ O ₅) TOTAL	mg/L	146,67	293,33	440,00	1760,00
POTÁSSIO (K ₂ O) SOL. EM ÁGUA	mg/L	600,00	1200,00	1800,00	7200,00
CÁLCIO (Ca)	mg/L	1200,00	2400,00	3600,00	14400,00
MAGNÉSIO (Mg)	mg/L	140,00	280,00	420,00	1680,00
ENXOFRE (S)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00
SÓDIO (Na)	mg/L	80,00	160,00	240,00	960,00
BORO (B)	mg/L	0,02	0,05	0,07	0,30
COBRE (Cu)	mg/L	1,73	3,47	5,20	20,80
FERRO (Fe)	mg/L	2,73	5,47	8,20	32,80
NÍQUEL (Ni)	mg/L	ns	ns	ns	ns
MANGANÊS (Mn)	mg/L	2,60	5,20	7,80	31,20
ZINCO (Zn)	mg/L	1,27	2,53	3,80	15,20

Os dados foram submetidos aos testes de Levene e de Shapiro-Wilk para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e da normalidade dos resíduos, respectivamente. As análises estatísticas de normalidade, teste de medias e regressão foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Foram realizadas as análises de variância e aplicado o teste de médias de Scott Knott a 5 % para as variáveis que apresentaram efeito de tratamento significativo. As fontes de variação consideradas na análise de variância foram local de aplicação e bloco. Para efeito das doses será realizado a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que em relação ao pH (Figura 1), que não houve diferença significativa ($P>0,05$) no solo coletado na linha de cultivo do *C. Corymbia*, em função das doses de ARS, apresentando valores variando de 4,66 a 5,28. Já na projeção da copa observa-se que houve efeito das doses observa-se que houve incremento com pH observado de 4,70 na dose de 0 m³ e apresentou efeito crescente linear alcançando pH de 5,32 na dose de 800 m³ ha⁻¹. Apesar de observar uma diferença significativa em ambas as dosagens a classificação agrônômica de acordo com a CFSEMG (1999), indica que ambas encontram-se na mesma classe de interpretação com teor entre 4,5 e 5,4, classificado como pH baixo, ou seja inadequado para as culturas.

Não houve diferença entre os teores de acidez potencial (H+Al), em ambos os pontos de avaliação, o que comprova que a aplicação da ARS não promoveu alteração nos atributos relacionados com a acidez do solo.

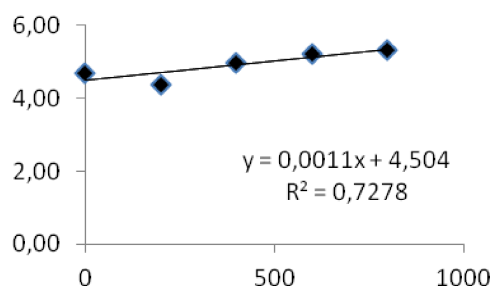


Figura 1 – Teor de pH para regressão de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa, na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Em relação ao K, observa-se (Figura 2) observa-se que houve incremento significativo dos teores independente do ponto de amostragem sendo os teores observados diferenciados pelo teste de tukey ($P>0,05$), Sendo os teores na linha maiores do que os observados na projeção da copa. Como se trata de dados coletados após somente a aplicação correspondente a dose anual de ARS pode-se inferir que os maiores teores observados na linha de plantio dos eucaliptos, deve corresponder a aplicação de fonte de KCl solúvel aplicado no sulco, na implantação do experimento, e que foi complementada com as aplicações de doses de ARS.

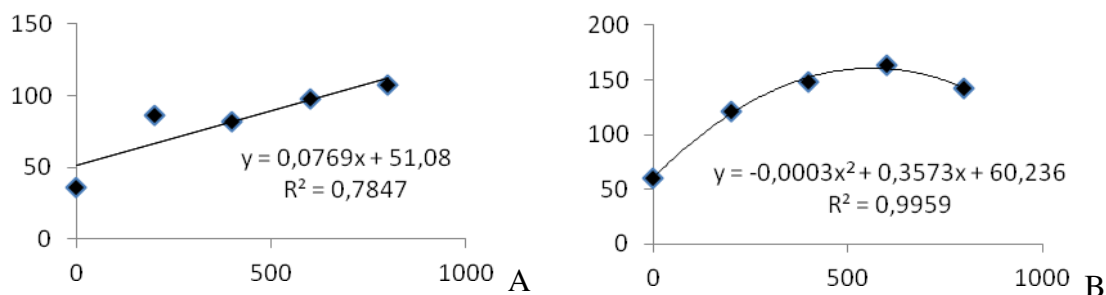


Figura 2 - Teores de potássio (mg dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Observando os valores de K na projeção da copa (Figura 2 A), observa-se que houve comportamento linear de acordo com a dose de ARS, em que na dose $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, observou-se o teor de 36 mg dm^{-3} , e já na primeira dose de ARS, observou-se um incremento de 139% em relação ao tratamento sem aplicação de ARS. Chegando o acréscimo a até 197% observado na maior dosagem. Em todas as doses de ARS os teores observados são superiores a 70 mg dm^{-3} , valor considerado pela CFSEMG (1999), como nível crítico de K.

Na linha de cultivo (Figura 2 B), observou-se o comportamento quadrático, em que na ultima dose ($800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) houve uma redução no valor observado (142 mg dm^{-3}). Na dose $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o teor era de $59,75 \text{ mg dm}^{-3}$. Já na primeira dose de ARS, o solo apresentou teor de $121,2 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja 105 % superior ao observado no tratamento $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e foram atingindo doses crescentes até 163 mg dm^{-3} , na dose de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS.

Em ambos os pontos de coleta a soma de bases apresentou um comportamento linear em função das doses de ARS (Figura 3), sendo que os teores observados na linha são significativamente superiores do que os observados para a projeção da copa pelo teste de tukey ($P > 0,05$).

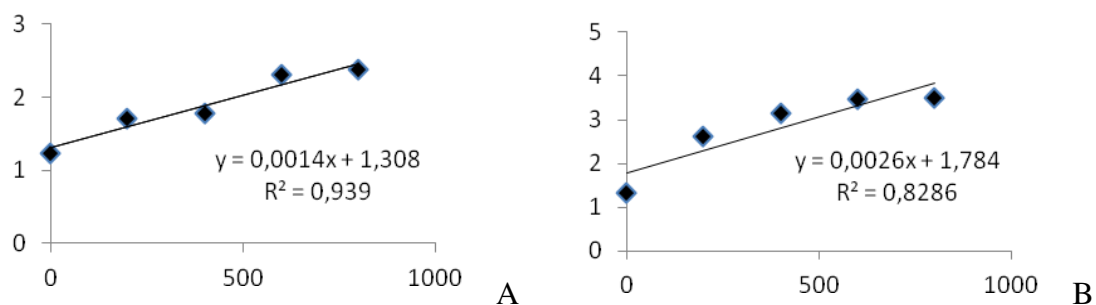


Figura 3 - Regressão de soma de bases (SB) ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Observa-se que na projeção da copa os teores observados foram de 1,24 a 2,38 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, e na linha de plantio os teores foram de 1,34 a 3,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente as doses crescentes de ARS. De acordo com a CFSEMG (1999), observa-se que o nível crítico indicado é de 3,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, nesse experimento somente a dose $0 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ de ARS, nas duas áreas de avaliação, e na projeção da copa nas doses de 200 e $400 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ encontram-se classificados como baixo (0,60 a 1,81 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), e os demais são classificados como médio (1,81 a 3,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Observa-se que a capacidade de troca de cátions potenciais (CTC -T) apresentou crescimento linear em ambos os pontos de coleta, e o valor observado no ponto de coleta na linha foi superior ao observado na projeção da copa. Observa-se que na projeção da copa os teores observados foram de 2,51 a 3,85 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, e na linha de plantio os teores foram de 3,00 a 5,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente as doses crescentes de ARS. De acordo com a CFSEMG (1999), observa-se que o nível crítico indicado é de 8,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, nesse experimento

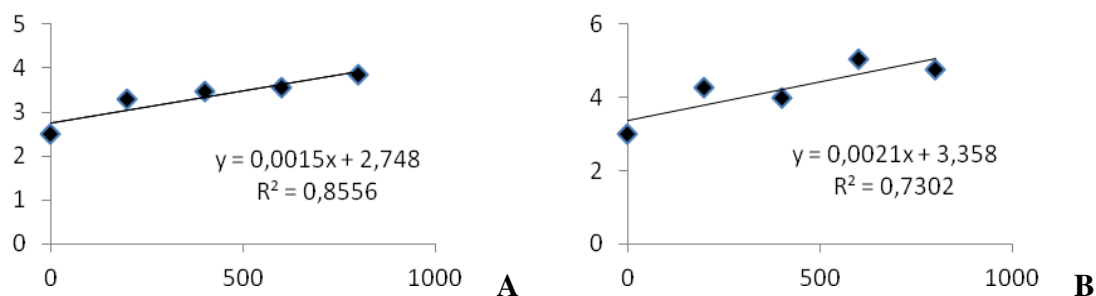


Figura 4 - Regressão de capacidade de troca de cátions (CTC) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Já a capacidade de troca de cátions efetiva (CTC -t) apresentou crescimento linear em ambos os pontos de coleta, e o valor observado no ponto de coleta na linha foi superior ao observado na projeção da copa. Observa-se que na projeção da copa os teores observados foram de 1,31 a 2,55 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e na linha de plantio os teores foram de 1,57 a 3,91 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente as doses crescentes de ARS. De acordo com a CFSEMG (1999), observa-se que o nível crítico indicado é de 4,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, nesse experimento

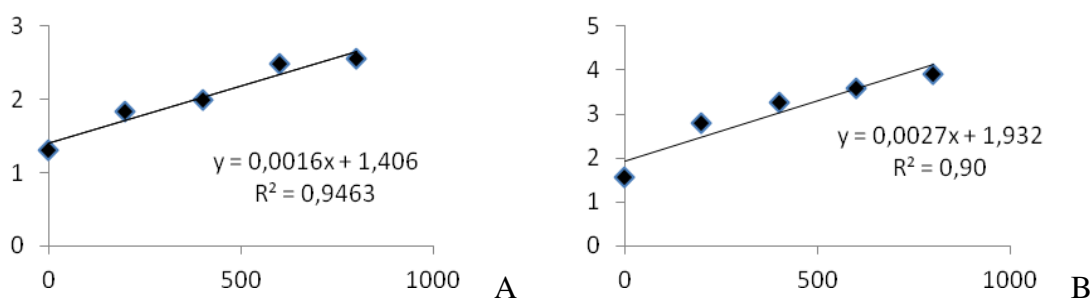


Figura 5 - Regressão de capacidade de troca de cátions efetiva (CTC- t) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Comparando-se os teores observados na CTC efetiva (figura 5) e CTC potencial (Figura 4) observa-se que houve um potencial de incremento de CTC com a aplicação das águas residuárias, que pode ser obtido com o aumento de pH.

A saturação por bases (V%), na projeção da copa apresentou incremento linear crescente (Figura 6), sendo que na linha de plantio não houve significância ($P > 0,05$) em função das doses de ARS. Na dose $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a saturação por bases era de 48,10 abaixo do ideal para o cultivo de algumas culturas, mas nas doses de 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o V% encontra-se acima de 60%, saturação considerada pela CFSEMG (1999) como ideal para a maioria das culturas.

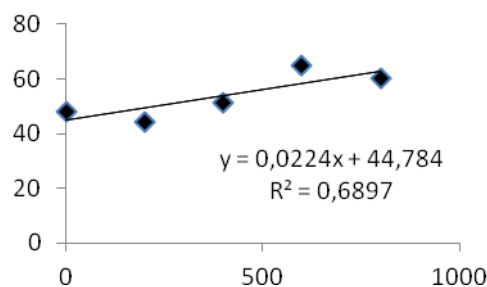


Figura 6 - Regressão de saturação por bases (V%) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa, na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

A aplicação de ARS não promoveu incrementos significativos ($P > 0,05$), nas diferentes áreas de amostragem, para os macronutrientes (P, S, Ca, Mg) e para os teores de Al, MO, e boro.

Observa-se a grande importância do monitoramento do sódio, pois há incrementos significativos com a aplicação de ARS (Figura 7). Observando-se os teores na projeção da copa na dose sem aplicação de ARS o teor era de 18 mg dm^{-3} , já na menor dosagem de ARS o incremento foi de 400%, apresentando um teor de 90 mg dm^{-3} . E na maior dose os teores são de 202 mg dm^{-3} , ou seja um aumento de 1.022%. O mesmo comportamento foi observado na linha de plantio, em que na dose sem aplicação de ARS o teor era de $27,50 \text{ mg dm}^{-3}$, já na menor dosagem de ARS o incremento foi de 754%, apresentando um teor de 235 mg dm^{-3} . E na maior dose os teores são de 390 mg dm^{-3} , ou seja um aumento de 1.318%.

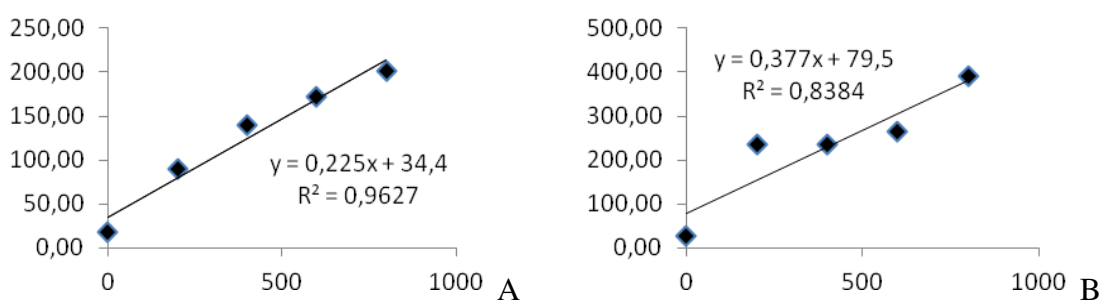


Figura 7 - Regressão de sódio (mg dm^{-3}) de doses de ARS em solo coletado na projeção da copa(A) e na linha de plantio(B), na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Observando-se a concentração de micronutrientes na área da projeção da copa (Figura 8), observa-se que os teores de Cobre (Figura 8A), apresentou incremento linear crescente em função das doses de ARS.

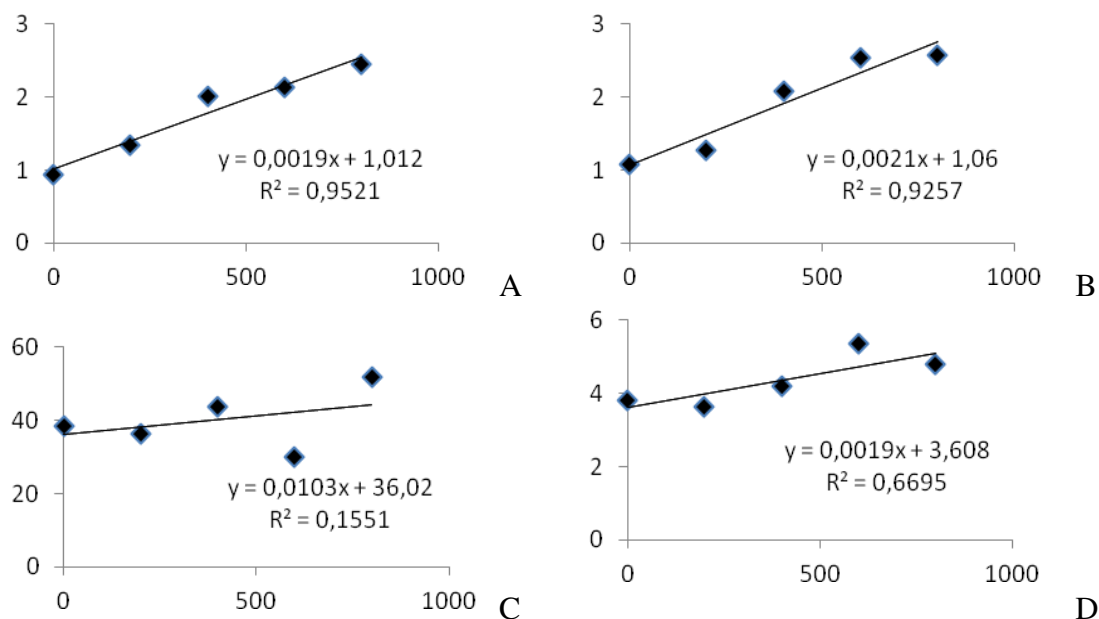


Figura 8 - Regressão de Cobre (A), Zinco (B), Ferro (C) e Manganês (D) em mg dm^{-3} em função das doses de ARS em solo coletado na projeção da copa na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, 2015.

Na dose $0 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ o teor de Cu (Figura 8 A) era de $0,94 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo que na dose de $200 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, observou-se o teor de $1,34 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja um incremento de 42%. Esse incremento observado foi crescente até 161% superior ao tratamento controle, obtido na dose de $800 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Considera-se o teor de Cu ideal considerada pela CFSEMG (1999) de até $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja já na primeira aplicação a concentração encontra-se acima do ideal nos tratamentos com aplicação de ARS.

Em relação aos teores de Zinco (Figura 8 B), observa-se que na dose $0 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, o teor de $1,08 \text{ mg dm}^{-3}$, o incremento na primeira dose de ARS é de 18% e alcançando até 139% na dose de $800 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Considera-se o teor de Zn ideal considerada pela CFSEMG (1999) de até $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja, já na primeira aplicação de ARS a concentração encontra-se acima do ideal nos tratamentos com aplicação superior à $400 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$.

A concentração de Fe foi crescente (Figura 8 C), mas apresentou Coeficiente de determinação baixo (R^2), variando de 38,5 a 52 mg dm^{-3} , para esse elemento teores acima de 45 mg dm^{-3} são considerados elevados pela CFSEMG (1999). Para o

Manganês (Mn), observa-se que os teores variaram entre 3,8 a 5,37 mg dm⁻³(Figura 8 D), os teores estão de acordo com a CFSEMG (1999).

Para a amostragem na linha de plantio não foi observado efeito significativo das doses para os teores dos micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn).

CONCLUSÃO

O dejetos suíno condicionou o solo a alterações na CTC-T, CTC-t, SB e V% e em teores de Potássio, Sódio, Cobre, Zinco, Ferro e Manganês, mostrando a necessidade de monitoramento de áreas com aplicação de ARS já que alguns níveis pode exeder os recomendados no solo.

REFERENCIAS

- ABIEPCS – Associação Brasileira de Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína **Estatística do mercado interno, externo e mundial da carne suína**. 2015 Disponível em: < <http://www.abiepcs.org.br>> acessado em: 25 jan. 2015.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, MG. v.23, p.933-942, 1999.
- ASSIS, D. F. **Produtividade e composição bromatológica da Brachiaria decumbens após segundo ano de aplicação de dejetos de aves e suínos**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013**. Brasília: ABRAF, 2013. 149 p.
- BARNABÉ, M.C.; ROSA, B.; LOPES, E.L.; ROCHA, G.P.; FREITAS, K.R.; PINHEIRO, E.P. Produção e composição químico-bromatológica da Brachiaria brizantha cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.435-446, 2007.
- BARNABÉ, M.C.; ROSA, B.; LOPES, E.L.; ROCHA, G.P.; FREITAS, K.R.; PINHEIRO, E.P. Produção e composição químico-bromatológica da Brachiaria brizantha cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.435-446, 2007.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.
- BATISH, D.R. SINGH, H.P. KOHLI, R.K. KAUR, .S. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide **Forest Ecology and Management**, Chandigarh, India 2008, p. 2166–2174.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. Pesquisa **Florestal Brasileira**, Viçosa, Mg. v. 60, p. 77-87, 2009.
- BOLAND D.J.; BROOKER, M.H.; CHIPPENDALE, G.M.; HALLN.; HYLAND, B.P.M.; JOHNSTON, R.D.; KLEINIG. D.A. MCDONALD, M.W.; TURNER, J.D. **Forest trees of australia**. 4.ed.Medlbourne: CSIRO, 1994. 687P.
- CARVALHO, M.M.. Efeito na produtividade e na qualidade da forragem em pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p. 99-117.
- CINIGLIO, G. **Eucalyptus para a produção de óleos essenciais**, Piracicaba: ESALQ/USP/Departamento de Ciências Florestais, p. 1-15, 1993.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(CFSEMG), **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, p.180

CORRÊA, E. S.; COSTA, F. P.; MELO FILHO, G. A.; CEZAR, I. M.; PEREIRA, M. A.; COSTA, N. A.; SILVEIRA FILHO, A.; TEIXEIRA NETO, J. F. **Sistema de custo de produção de gado de corte no Estado do Pará** – Região de Paragominas. Campo Grande-MS: Embrapa, 2005. 14 p.

CUNHA, J.L. **Impacto ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 91f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2009.

DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G. A.; LARSON, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, California, EUA.v. 9, n. 10, 2010.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental (Documentos 402) Belém, PA. 36 p. Maio, 2014.

EL-MEMARI NETO, A. C.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; OLIVEIRA, F. C. L.; , R.; BUMBIERIS JÚNIOR, V. H. Características químicas e estruturais do capim *Brachiaria brizantha* e seus efeitos sobre a qualidade da forragem. **PUBVET**, Londrina, v. 3, n. 3, fev 1, 2009.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Roma: FAO, 2006. 390p.

FRANCO, F. O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; WENDLING, B.; SILVA, A. de A.; LANA, R. M. Q.. Integração Lavoura, Pecuária e Floresta na recuperação de áreas degradadas do cerrado brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS E WORKSHOP SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS **Anais...** Uberlândia: UFU, 175 p. 2012.

GARCIA, A. R.; ALVAREZ, W. F. M.; COSTA, N. A. da., NAHUM, B. de S.; QUINZEIRO NETO,T. Avaliação do desempenho de bovinos de cortes criados em sistemas silvipastoris no estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. Belém – Para v.4, n.8, 2009.

GRUBER, Y. B. G. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de Eucalyptus**. 2006. Dissertação de (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

GYENGE, J. E.; FERNÁNDEZ, M. E.; SALDA, D.; SCHLICHTER, T. M. Silvopastoral systems in Northwestern Patagonia II: water balance and water potential in a stand of *Pinus ponderosa* and native grassland. **Agroforestry Systems**, Bariliche, Argentina. v.55, p.47-55, 2002.

LOPES, A. S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.41, p.742-747. 1977.

LOPES, G. C. Exportação de madeira certificada cresceu 10% em 2014. **Ministério da agricultura**. Brasília Fev. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/02/exportacao-de-madeira-certificada-cresceu-10porcento-em-2014>> Acessado em: 28 Jan. 2016.

MACEDO, R.L.G.; BEZERRA, R.G.; VALE, R.S. do; OLIVEIRA, T.K. Desempenho silvicultural de clones de Eucalipto e características agrônomicas de milho cultivados em Sistema Silviagrícola. **Revista Árvore**. Viçosa – MG n.30, v.5, p.701-709, 2006.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.

NOLASCO, M.A.; BAGGIO, R.B.; GRIEBELER, J. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005.

NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; VOIGT, J.; SCOLLAN, N. D.; WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, Langford. v. 94, n. 1-2, p. 137-147, 2005.

OLIVEIRA, P.A.V. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: **EMBRAPA-CNPSA**, 1993. p.188. (Documentos, n. 27).

OLIVEIRA, T.C.; PEREIRA, D. N. BRITO, T.E.; AGOSTINI, J.A.F.; LIMA, P.F. SILVA, A.V.; SANTOS, C.S. BREGAGNOLI, M. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre v. Ed. Especial, n. 1, p. 49-53, 2013.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. **Comunicado Técnico** Concórdia: Embrapa CNPSA. n.332, 2003. 6p.

RADAR PÖYRY SILVICONULT, **Mercado florestal brasileiro**. 4.ed. ano 3. Curitiba, 2012.

REIS, G. L.; LANA, A. M. Q.; MACEDO, T. M.; LANA, R. M. Q.; MARTINS, T. L.T. Sistema silvipastoril: uma alternativa sustentável para a produção pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS E WORKSHOP SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS **Anais...** Uberlândia: UFU, 2012. 175 p. set. de 2012.

RODRIGUES, R. C. **Cálcario, Nitrogênio e Enxofre Para a Recuperação do Capim-Braquiária Cultivado em um Solo Proveniente de uma Pastagem Degradada.** Piracicaba, 2002, 141 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SERAFIM, R. S.; **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú adubada com água residuária de suinocultura.** 2010. 96p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

SERAFIM, R. S.; **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú adubada com água residuária de suinocultura.** 96f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2010.

VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; MASCARENHAS, M. H. T.; MACEDO, G. A. R.; SILVA, E. A.; SILVA, K. T. da; RIBEIRO, P. C. de O. Consorciação de Culturas com o Eucalipto no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária- Floresta In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, **Anais...** Águas de Lindóia. 2012.

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