

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

JOSÉ GUILHERME BERGAMIM MELLERE

**AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

ALEGRE – ES

2018

JOSÉ GUILHERME BERGAMIM MELLERE

**AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

ALEGRE – ES

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Bibliotecário: Felício Gomes Corteletti – CRB-6 ES-000646/O

Mellere, José Guilherme Bergamim, 1991 -

M519a Avaliação da solução e atributos químicos do solo decorrentes da aplicação de água residuária da suinocultura / José Guilherme Bergamim Mellere – 2018.

55 f. : il.

Orientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

Coorientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Plantas forrageiras. 2. Água – Reutilização. 3. Solos – Composição. I Garcia, Giovanni de Oliveira. II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

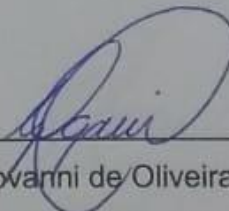
JOSÉ GUILHERME BERGAMIM MELLERE

**AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

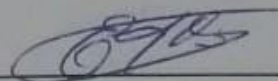
Dissertação apresentada a Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

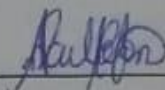
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Dra. Ana Paula Almeida Bertossi Souza
Bolsista de Pós-doutorado FAPES/CAPES

À minha mãe, Marilete e à minha namorada,
Thalita, por todo apoio e carinho.

DEDICO.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

BIOGRAFIA

José Guilherme Bergamim Mellere, filho de Lauro Mellere e Marilete Bergamim, nasceu em 26 de agosto de 1991, em Vargem Alta/ES. Coursou o ensino fundamental, entre 2002 a 2005, na Escola de Ensino Fundamental Pedro Milaneze Altoé, em Vargem Alta/ES. Coursou o ensino médio, entre 2006 a 2008, no Colégio Jesus Cristo Rei, em Cachoeiro de Itapemirim/ES. Em março de 2010, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, graduando-se em agosto de 2015. Em Março de 2016, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, tendo defendido a dissertação em 28 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que possibilitou toda a minha caminhada de estudo, pela força, coragem e perseverança para seguir firme, sem nunca desistir.

À minha mãe, Marilete Bergamim, que nunca mediu esforços para proporcionar a minha oportunidade de estudar, sempre com muita garra e muito trabalho, minha heroína. Você sempre me ensinou lições para toda uma vida.

À meu irmão, minha afilhada, meus avós, tios, primos e cunhadas principalmente pelo carinho.

À minha namorada Thalita Almeida Barcelos, por todo o carinho, pelo convívio, apoio incondicional e compreensão.

A todos os Mestres que participaram da minha formação, em especial aos professores Dr. Giovanni de Oliveira Garcia e Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, sou muito grato pelo aprendizado, ensinamento e incentivo durante a orientação;

Aos meus amigos e ao grupo de pesquisa pela ajuda, incentivo e apoio constante.

Ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e a Capes, pelo apoio financeiro.

RESUMO

MELLERE, José Guilherme Bergamim Mellere; M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Fevereiro de 2018. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA. Orientador: Giovanni de Oliveira Garcia. Coorientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Os efluentes gerados da criação de suínos podem representar um excelente subproduto para fins agrícolas, principalmente pela riqueza em materiais orgânicos e nutrientes essenciais às plantas de interesse agrônômico. Porém, a utilização deste efluente deverá ser feita de forma criteriosa, pois dependendo da composição da Água Residuária de Suinocultura (ARS), sua aplicação poderá representar acúmulos excessivos de nutrientes no solo, o que acarretará riscos ao solo. Diante disto, objetivou-se com a realização do presente trabalho, por meio da aplicação da ARS, avaliar a variação do pH, da condutividade elétrica (CE), dos teores de Na, K, Ca, Mg e da razão de adsorção de sódio (RAS) e razão de adsorção de potássio (RAP) da solução do solo, por meio de extratores de cápsula porosa, além da avaliação dos atributos químicos do solo por meio de amostragem de solo. Foram realizados simultaneamente dois experimentos, o primeiro com aplicação de ARS bruta e o segundo com ARS tratada, sendo os dois experimentos conduzidos no período de março a outubro de 2017, em ambiente protegido, localizado na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAUE-UFES). O monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo foi realizado com o auxílio de extratores de cápsula porosa, sendo realizadas 15 coletas, a aproximadamente 15 minutos após a irrigação dos vasos. As avaliações dos atributos químicos do solo foram realizadas coletando-se uma amostra do solo de cada unidade experimental ao final do período do experimento, na profundidade de 30 cm. A aplicação de ARS, tanto bruta como tratada, proporcionou alterações nos atributos químicos da solução do solo. O pH da solução do solo decaiu e os valores da CE, RAP e dos teores de K e Mg apresentaram aumentos e posterior decaimento tendendo a estabelecer um valor de equilíbrio. Além disso, houve o aumento nos teores de Na e Ca e dos valores da RAS da solução do solo. Em relação às alterações do solo, as aplicações de ARS bruta e tratada não proporcionaram alterações significativas no pH, P, Ca, Mg, matéria orgânica, CTC efetiva, soma de bases e relação Ca/Mg. Por outro lado, os teores de sódio e potássio, bem como a RAS, RAP, PST, PPT, RST e RPT apresentaram diferenças significativas

em relação à testemunha, correlação linear positiva em relação às doses de ARS (bruta e tratada).

Palavras-chave: forrageira, *Brachiaria brizantha*, água residuária, solução do solo, atributos químicos.

ABSTRACT

MELLERE, José Guilherme Bergamim Mellere; M.Sc. Federal University of Espírito Santo - Agrarian Sciences and Engineering Center. February, 2018. EVALUATION OF THE SOLUTION AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL FROM THE APPLICATION OF RESIDUE WATER FROM SUINOCULTURE. Advisor: Giovanni de Oliveira Garcia. Co-avisor: Edvaldo Fialho dos Reis.

The effluents generated from pig raising can represent an excellent by-product for agricultural purposes, mainly due to the richness of organic materials and essential nutrients to the plants of agronomic interest. However, the use of this effluent should be done carefully, because depending on the composition of the Swine Residual Water (ARS), its application may represent excessive accumulations of nutrients in the soil, which will cause risks to the soil. The objective of this work was to evaluate the pH, electric conductivity (EC), Na, K, Ca, Mg and sodium adsorption ratio (RAS) and potassium adsorption ratio (RAP) of the soil solution by means of porous capsule extractors, as well as the evaluation of soil chemical attributes by means of soil sampling. Two experiments were carried out simultaneously, the first one with crude ARS application and the second with ARS treated. The two experiments were conducted in the protected area between March and October 2017, located in the Experimental Area of the Center of Agrarian Sciences and Engineering (CCAUE-UFES). Monitoring of nutrient concentration in the soil solution was carried out with the aid of porous capsule extractors, and 15 samples were collected, approximately 15 minutes after irrigation of the vessels. The chemical soil attributes were evaluated by collecting a soil sample from each experimental unit at the end of the experiment period, at a depth of 30 cm. The application of ARS, both crude and treated, provided changes in the chemical attributes of the soil solution. The pH of the soil solution decreased and the EC, RAP and K and Mg contents showed increases and subsequent decay tending to establish an equilibrium value. In addition, there was an increase in the Na and Ca contents and the RAS values of the soil solution. In relation to soil changes, crude and treated ARS applications did not provide significant changes in pH, P, Ca, Mg, organic matter, effective CTC, sum of bases and Ca / Mg ratio. On the other hand, the sodium and potassium contents, as well as RAS, RAP, PST, PPT, RST and RPT presented significant differences in relation to the control, positive linear correlation in relation to the ARS (crude and treated) doses.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, porous capsule extractor, effluent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura utilizada para realização do experimento	14
Figura 2. Disposição dos vasos na realização do experimento	16
Figura 3. Esquema da irrigação utilizada no experimento	18
Figura 4. Modelo de tensiômetro utilizado no experimento	18
Figura 5. Curva de retenção de água no solo	19
Figura 6. Produção de mudas de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	21
Figura 7. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu transplantadas nos vaso	21
Figura 8. Corte de uniformização da forrageira	22
Figura 9. Extrator de cápsula porosa utilizado no experimento	22
Figura 10. Materiais para fabricação do extrator de cápsula porosa	23
Figura 11. Valores médios do pH da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	27
Figura 12. Valores médios da condutividade elétrica (CE) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	28
Figura 13. Valores médios do sódio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	29
Figura 14. Valores médios do potássio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	30
Figura 15. Valores médios do cálcio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.....	31
Figura 16. Valores médios do magnésio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	32
Figura 17. Valores médios da razão de adsorção de sódio (RAS) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental	33

- Figura 18.** Valores médios da razão de adsorção de potássio (RAP) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental 34
- Figura 19.** Valores médios de sódio, RAS, PST e RPT do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de diferentes doses de ARS bruta e tratada ao final do período experimental 38
- Figura 20.** Valores médios de potássio, RAP, PPT e RPT do solo, obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de diferentes doses de ARS bruta e tratada ao final do período experimental 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo, antes da correção de acidez, utilizado no preenchimento dos vasos	15
Tabela 2. Caracterização química da ARS utilizada no experimento	17
Tabela 3. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento	20
Tabela 4. Avaliação dos atributos químicos do solo em decorrência da aplicação de ARS bruta e tratada ao final dos 90 dias de experimento	35

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo geral	13
2.1. Objetivos específicos	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Local e Instalações experimentais	14
3.2. Coleta do solo e montagem das unidades experimentais	14
3.3. Coleta e caracterização da água residuária da suinocultura	16
3.4. Irrigação dos experimentos	17
3.5. Delineamentos experimental	20
3.6. Condução do experimento	20
3.7. Avaliações experimentais	23
3.7.1. Monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo	23
3.7.2. Avaliação das alterações nos atributos químicos do solo	24
3.8. Análise estatística dos experimentos	25
3.8.1. Estudo da solução do solo	25
3.8.2. Estudo dos atributos químicos do solo	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Estudo da solução do solo	27
4.1.1. pH	27
4.1.2. Condutividade elétrica (CE)	28
4.1.3. Sódio	29
4.1.4. Potássio	30
4.1.5. Cálcio	31
4.1.6. Magnésio	31
4.1.7. Razão de adsorção de sódio (RAS)	32
4.1.8. Razão de adsorção de potássio (RAP)	33
4.2.1. Monitoramento dos tratamentos com ARS	

4.2. Estudo dos atributos químicos do solo	34
4.3. Monitoramento dos tratamentos com ARS	37
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Relatório Anual de 2017 da Associação Brasileira de Proteína Animal, a atividade suinícola possui grande destaque no cenário mundial e nacional. Em relação à criação de suínos no estado do Espírito Santo, segundo a Associação de Suinocultores do Espírito Santo (ASES), o rebanho composto por grandes, médios e principalmente pequenos produtores, configura-se com extrema importância ao acesso de renda para agricultores familiares (ABPA, 2017).

Mesmo sendo representado principalmente por pequenos produtores, a suinocultura capixaba tem se modernizado ao longo dos anos em busca da adequação ao mercado consumidor em expansão. Toda essa tecnificação do sistema de manejo e melhorias nas áreas de nutrição e sanidade propiciam melhorias no setor produtivo, mas podem auxiliar no aumento da produção de dejetos.

Estes dejetos gerados no sistema de produção de suínos são denominados Água Residuária da Suinocultura (ARS), compreendendo a mistura de fezes, urina, água desperdiçada nos bebedouros e na higienização das instalações juntamente com os resíduos de ração, pelos e a poeira decorrente do processo criatório (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO; 2002), sendo que, se não tratados e descartados corretamente podem provocar danos negativos ao ambiente.

A ARS apresenta elevado potencial poluente pela alta concentração de matéria orgânica e nutrientes (MATOS et al., 2009). Desta forma, faz-se necessário um adequado manejo deste dejetos, de forma a minimizar ou eliminar eventuais impactos ambientais, como contaminação de rios, lençóis freáticos e do solo, ocasionados pelo descarte incorreto (KRAJESKI e POVALUK, 2014).

Em diversas unidades suinícolas no Brasil, o volume de água residuária produzida é considerável e seu correto descarte bastante discutido. Uma das alternativas que se tem apontado para minimizar o problema é o uso em áreas agricultáveis, porém só é possível após correto tratamento, que muitas vezes é realizado por meio de sistema de biodigestores.

A alternativa de utilização da ARS na agricultura é um assunto que cada vez mais ganha importância, tendo como grande desafio o correto manejo destes dejetos, aliando à boa alternativa econômica para a agricultura com qualidade ambiental. Assim, a prática do reuso de ARS em áreas agricultáveis, torna-se interessante pelo fato da presença de macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, e outros elementos essenciais às plantas.

Neste sentido, destaca-se o manejo de pastagens perenes, com diversos estudos com resultados bastante satisfatórios em relação a qualidade e rendimento da forragem (VIELMO, 2008), além dos seus efeitos na composição química, física e biológica do solo (SOUZA, 2010).

Por outro lado, o uso incorreto da ARS no setor agrícola pode trazer efeitos negativos, tanto ao solo quanto à cultura, como por exemplo, o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, como aumento nas concentrações P disponível, K e Na trocáveis e acúmulo de zinco trocável no solo, indicando riscos potenciais de contaminação (QUEIROZ et al., 2004).

Dependendo da composição da ARS, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de aplicação (SEGANFREDO, 2001), poderá haver o acúmulo de nutrientes, com destaque para o K e principalmente o Na em solos agrícolas, podendo acarretar em mudanças negativas em algumas características físicas do solo, devido à dispersão de argila e consequentemente nas características químicas, influenciando direta ou indiretamente no desenvolvimento das culturas (FEIGIN et al., 1999).

Além disso, à medida que a concentração de sais aumenta na solução do solo o potencial osmótico reduz, requerendo assim uma energia maior da planta para absorver a água do solo. Portanto, a planta pode ter o seu desenvolvimento comprometido por um estresse hídrico, mesmo com o teor de água no solo próximo à capacidade de campo (SILVA et al., 2012).

As informações sobre os benefícios do uso de ARS em ambientes agrícolas são bastante difundidas, porém as informações quanto às limitações de seus usos são bastante limitadas, com poucos trabalhos demonstrando os efeitos cumulativos do uso de ARS nas características físicas e químicas do solo, essenciais para estabelecer estratégias de manejar corretamente os sistemas de produção com o aproveitamento de ARS (SCHERER et al., 2010).

Desta forma, vê-se a necessidade de estudos do efeito da aplicação de ARS em solos agricultáveis, com destaque para o cultivo de pastagens, a fim de proporcionar aos pequenos e médios agricultores, uma alternativa viável, simples e de maneira criteriosa, aliando benefícios no âmbito agrícola e principalmente ambiental, sem comprometer as características do solo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Diante do exposto, objetivou-se com a realização do presente trabalho, avaliar os efeitos da aplicação de ARS bruta e tratada no solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

2.2. Objetivos específicos

- a) Monitorar a concentração de nutrientes na solução do solo após a aplicação da ARS bruta e tratada;
- b) Avaliar as alterações nos atributos químicos do solo com a aplicação de diferentes taxas de ARS bruta e tratada e a testemunha (adubação mineral), e;
- c) Quantificar o acúmulo dos íons Na^+ e K^+ no solo, bem como suas relações com outros elementos e os possíveis riscos ao solo em condições de uso de ARS.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e instalações experimentais

Foram realizados simultaneamente dois experimentos, em que foram utilizados dois tipos de ARS, bruta e tratada. Os experimentos foram conduzidos no período de março a outubro de 2017, na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAUE-UFES), localizada no município de Alegre/ES, nas coordenadas geográficas 20°45'20" latitude Sul e 41°48'35" longitude Oeste e altitude de 119 m.

Segundo classificação de Köppen, o clima típico da região onde foi desenvolvido o estudo é caracterizado por ser do tipo "Cwa", ou seja, clima tropical quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura, a precipitação e a umidade relativa média anual, correspondem respectivamente a 23,5°C, 1200 mm e 55%.

A estrutura utilizada para abrigar os experimentos foi do tipo capela, com orientação Leste-Oeste e dimensões de 15,00 m de comprimento e 7,50 m de largura, com pé-direito de 3,0 m, coberto com filme de polietileno e laterais abertas (Figura 1).



Figura 1. Estrutura utilizada para realização dos experimentos.

3.2. Coleta do solo e montagem das unidades experimentais

O solo utilizado para a realização dos experimentos foi retirado na camada superficial (0 a 0,2 m) de um perfil natural de um Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006), predominante na região e coletado na própria área experimental. Posterior à coleta, o solo foi destorroado, peneirado em malha de até seis milímetros

e homogeneizado. Uma amostra do solo foi retirada e encaminhada ao laboratório para determinação dos atributos físicos e químicos (Tabela 1) conforme metodologia preconizada pela Embrapa (2011).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo, antes da correção de acidez, utilizado no preenchimento dos vasos.

Atributos	Valores
pH (H ₂ O)	5,45
Fósforo (mg dm ⁻³)	6,74
Potássio (mg dm ⁻³)	110,00
Sódio (mg dm ⁻³)	0,00
Cálcio (cmolc dm ⁻³)	2,48
Magnésio (cmolc dm ⁻³)	1,47
Alumínio (cmolc dm ⁻³)	0,00
H + Al (cmolc dm ⁻³)	3,30
Soma de bases (cmolc dm ⁻³)	5,02
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	5,02
CTC a pH 7,0 (cmolc dm ⁻³)	8,32
Saturação de bases (%)	60,32
Saturação de alumínio (%)	0,00
Areia total (%)	45,00
Silte (%)	6,00
Argila (%)	48,00

pH: relação solo-água 1:2,5; P: extrator Mehlich-1 e determinação por colorimetria; K e Na: extrator de Mehlich-1 e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator HCl 1 mol.L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol.L⁻¹ e determinação por titulometria; H+AL: extrator de Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0.

De acordo com a análise química do solo, foi realizada a correção de acidez, sendo que a quantidade de calcário aplicada, 30 dias antes dos transplante das mudas, foi determinada pelo método de saturação por bases, segundo Prezotti (2007), conforme Equação 1.

$$NC = \frac{T(V2-V1)}{PRNT} \quad (1)$$

Em que:

NC = Necessidade de calcário;

V2 = Saturação de base para gramíneas (70%);

V1 = Saturação de base do solo;

T = CTC a pH 7,0;

PRNT= Poder redutor do calcário (90%).

Após a incorporação do calcário ao solo, os vasos foram preenchidos com 40 dm³ de solo, dispostos em três fileiras simples, com espaçamento de 0,80 m x 0,80 m entre linhas e vasos, totalizando 33 vasos (Figura 2).



Figura 2. Disposição dos vasos na realização do experimento.

3.3. Coleta e caracterização da água residuária da suinocultura

A ARS utilizada nos experimentos foi oriunda da Unidade Produtora de Suínos do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre. A ARS era coletada de dois diferentes pontos: 1º) ARS oriunda das baias dos suínos, sem qualquer tratamento (ARS bruta); 2º) ARS após passar por um biodigestor (ARS tratada).

A ARS era coletada antes de cada aplicação, em recipientes de 50 L, transportada e armazenada próximo à área do local onde foram realizados os experimentos. Amostras desta ARS bruta e tratada foram encaminhadas ao laboratório para caracterização química, determinando: pH, teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, sódio, ferro, boro e manganês, e condutividade elétrica (Tabela 2), conforme metodologia APHA (1995).

Tabela 2. Caracterização química da ARS utilizada no experimento.

Atributos	Unidade	ARS bruta	ARS tratada
pH	-	7,30	8,20
Condutividade Elétrica	(dS.m ⁻¹)	12,45	4,74
Razão de Adsorção de Sódio	-	6,28	3,16
Ferro Reduzido (Fe ²⁺)	(mg.L ⁻¹)	0,50	0,37
Ferro Oxidado (Fe ³⁺)	(mg.L ⁻¹)	0,65	0,30
Ferro total	(mg.L ⁻¹)	1,15	0,67
Sódio	(meq.L ⁻¹)	15,60	5,16
Cloro	(meq.L ⁻¹)	2,60	1,60
Dureza (CaCO ₃)	(mg.L ⁻¹)	616,67	265,75
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	(meq.L ⁻¹)	0,50	0,30
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	(meq.L ⁻¹)	6,13	2,73
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	(mg.L ⁻¹)	2,03	1,95
Potássio	(mg.L ⁻¹)	710,00	243,00
Cálcio	(meq.L ⁻¹)	7,94	4,54
Magnésio	(meq.L ⁻¹)	4,40	0,78
Boro	(mg.L ⁻¹)	3,50	1,51
Manganês	(mg.L ⁻¹)	0,34	0,15
Zinco	(mg.L ⁻¹)	0,32	0,06
Cobre	(mg.L ⁻¹)	1,30	0,17
Alumínio	(mg.L ⁻¹)	Nd	nd
Nitrogênio – Nitrato (NO ₃ ⁻)	(mg.L ⁻¹)	5,90	1,40

nd: não detectável.

3.4. Irrigação dos experimentos

A irrigação utilizada nos experimentos foi por gotejamento, constituído por cano de polietileno de ½ polegada, registros e gotejadores, com 8,50 m de comprimento e espaçamento de 0,80 m entre os gotejadores, com um gotejador por vaso (Figura 3), sendo que cada linha de irrigação possuía um registro independente que possibilitava a irrigação individualmente de cada linha.

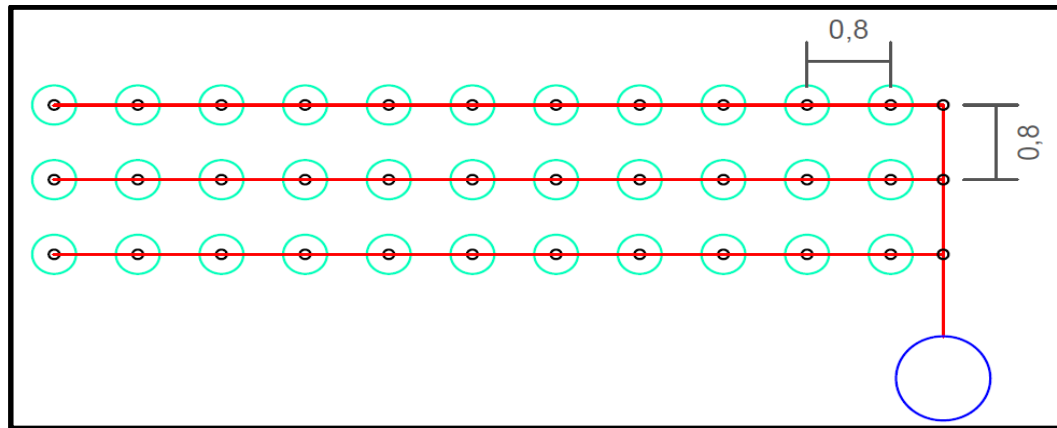


Figura 3. Esquema da irrigação utilizada nos experimentos.

O manejo de irrigação foi definido com base na média da tensão de água do solo, por meio da instalação de 11 tensiômetros (Figura 4) ao longo das unidades experimentais, posicionados a 0,15 m de profundidade no solo, a fim de manter o solo em capacidade de campo a 10 kpa.



Figura 4. Modelo de tensiômetro utilizado no experimento.

Para realizar o manejo da irrigação, obteve-se a curva de retenção de água no solo (Figura 5) segundo EMBRAPA (2011) e utilizou-se o modelo proposto por Van Genuchten (1980) conforme Equação 2 para determinar a umidade volumétrica do

solo na tensão requerida de 45 kPa para o momento de irrigação, segundo dados considerados por Gonçalves (2016).

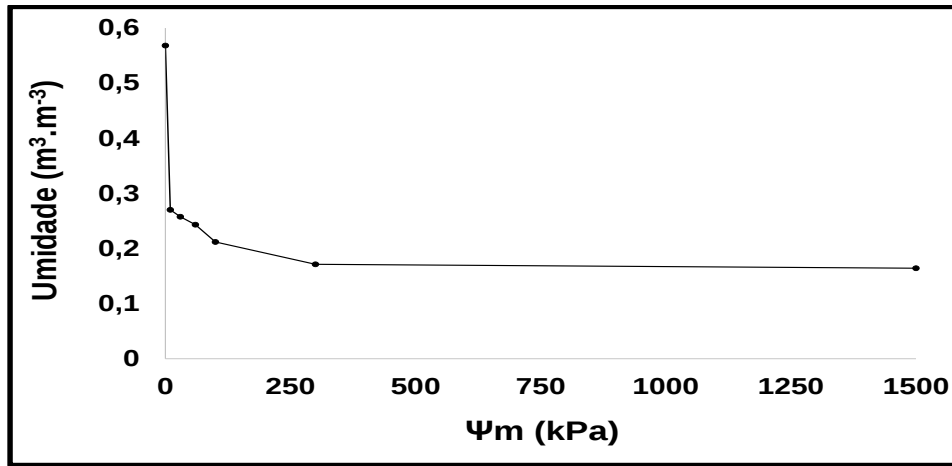


Figura 5. Curva de retenção de água no solo.

$$\theta\Psi_m = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha\Psi)^n]^m}$$

$$\theta\Psi_m = -0,1115 + \frac{(0,5681+0,1115)}{[(1+164,20 \Psi)^{1,0751}]^{0,0698}} \quad (2)$$

Em que:

$\theta\Psi_m$ = umidade volumétrica na tensão requerida (m³.m⁻³);

θ_r = umidade residual (m³.m⁻³);

θ_s = umidade de saturação (m³.m⁻³);

Ψ = tensão requerida (kPa);

α , n e m = parâmetros empíricos do modelo.

O tempo de irrigação para elevar o conteúdo de água das unidades experimentais para a capacidade de campo foi determinado baseado na Equação 3.

$$T_i = \frac{(\theta_{cc} - \theta_t) \cdot (C_s \cdot A_v)}{(ef \cdot q)} \quad (3)$$

Em que:

T_i = tempo de irrigação por vaso (horas);

θ_{cc} = umidade volumétrica na tensão da capacidade de campo ($m^3.m^{-3}$);

θ_t = umidade volumétrica na tensão requerida ($m^3.m^{-3}$);

C_s = camada de solo considerada (m);

A_v = área da unidade experimental (m^2);

ef = eficiência de aplicação;

q = vazão do emissor ($m^3.hora^{-1}$).

Neste sentido, a pressão de água era constantemente aferida para assegurar pressão adequada de funcionamento e proporcionar vazão de água de $2 L.h^{-1}$, eficiência de 90%, área da unidade experimental de $0,140 m^2$ e camada de solo requerida de 0,30 m.

Na tabela 3, encontram-se as características físico-hídricas do solo Latossolo Vermelho Amarelo, utilizado no experimento.

Tabela 3. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Teor de Água ($m^3.m^{-3}$)			Granulometria (%)			Densidade do solo ($g.cm^{-3}$)	Densidade de partículas ($g.cm^{-3}$)
Cc	Pm	Ad	Areia	Silte	Argila		
0,270	0,164	0,106	38	7	55	1,11	2,57

Capacidade de campo (Cc); Ponto de murcha (Pm); Água disponível (Ad).

3.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado na instalação dos experimentos foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas no tempo no esquema $(5+1) \times 3$. Em cada experimento, as parcelas foram compostas pelas 5 doses de ARS (150, 300, 450, 600 e $750 m^3.ha^{-1}$ de ARS) e a testemunha (adubação mineral) e as subparcelas corresponderam três épocas de avaliação os quais foram 30, 60 e 90 dias após o início da aplicação da ARS.

3.6. Condução do experimento

As mudas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foram obtidas por meio de sementes comerciais, semeadas manualmente em tubetes de 100 cm³, tendo como substrato o mesmo solo utilizado no preenchimento dos vasos (Figura 6).

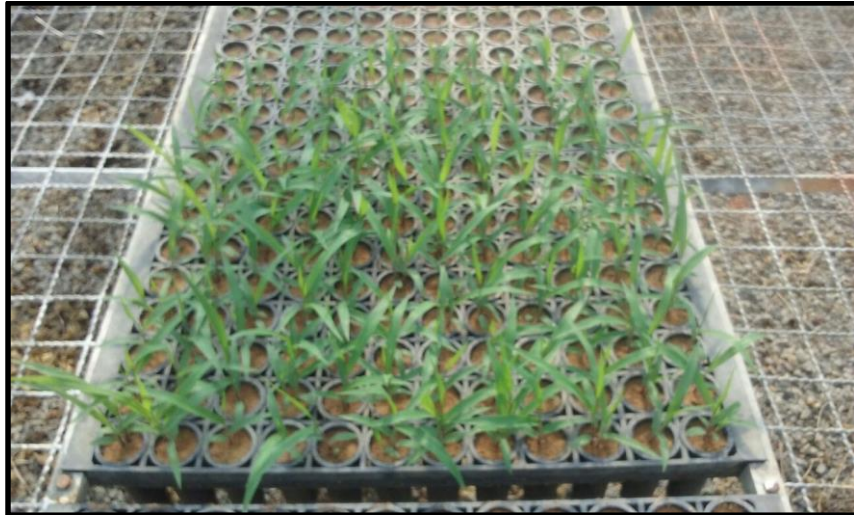


Figura 6. Produção de mudas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Aos 21 dias após a emergência, as plântulas foram transplantadas diretamente no vasos, preenchidos com solo. Foram colocadas cinco plantas por vaso (Figura 7) igualmente distribuídas. Neste momento, realizou-se adubação de plantio com Superfosfato Simples, de acordo com Prezott (2007), além da instalação da irrigação por gotejamento.



Figura 7. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu transplantadas nos vasos.

Aos 30 dias após o transplante das mudas nos vasos, realizou-se um corte para estimular o perfilhamento da forrageira. Além disso, realizou-se uma adubação de cobertura para todas as unidades experimentais com a aplicação de ureia. Realizado estes procedimentos, 30 dias depois, realizou-se um corte de uniformização da forrageira para início da aplicação da ARS (Figura 8).



Figura 8. Corte de uniformização da forrageira.

Antes do início da aplicação da ARS e da adubação mineral, foram instalados os extratores de cápsula porosa (Figura 9), na profundidade de 0,15 m, sendo um extrator por vaso.



Figura 9. Extrator de cápsula porosa utilizado no experimento.

Após o corte de uniformização, iniciou-se a aplicação da ARS, além da aplicação da adubação mineral (testemunha), sendo a aplicação repetida a cada 30 dias, totalizando 90 dias de avaliação experimental.

As doses de 150, 300, 450, 600 e 750 m³.ha⁻¹ de ARS foram divididas em três aplicações, sendo que cada aplicação era feita com o auxílio de uma proveta graduada com capacidade de 1 L, sendo a quantidade a ser aplicada, calculada de acordo com a área de cada vaso, de aproximadamente 0,140 m².

Para a testemunha era realizada a aplicação de fertilizante mineral, de acordo com Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação.

Durante o período de obtenção dos dados experimentais, foram obtidos três cortes da forrageira, realizados aos 30, 60 e 90 dias após o início das aplicações de ARS. A altura de corte do nível do solo foi de 0,25 m (CORREA, 2000), sendo este procedimento feito manualmente com auxílio de uma régua graduada e cutelo de poda.

3.7. Avaliações experimentais

3.7.1. Monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo

O monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo foi realizado com o auxílio de extratores conforme apresentado na Figura 9. Os extratores foram produzidos artesanalmente e os mesmos eram compostos por: torneira de três vias, tubo de PVC de ½ polegada, tubo de PVC flexível e incolor (equipamento hospitalar) e vela de porcelana para purificação de água (Figura 10).

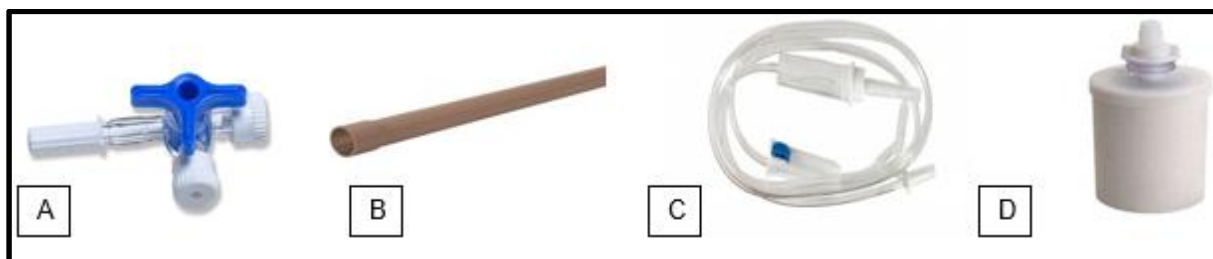


Figura 10. Materiais para fabricação do extrator de cápsula porosa. A - Torneira de 3 vias; B – Tubo PVC; C – Tubo de PVC flexível; D – Vela de porcelana.

A solução do solo foi coletada inicialmente após o corte de uniformização, com a aplicação dos tratamentos, sendo a coleta realizada a cada seis dias, logo após a

irrigação dos vasos. Esperava-se aproximadamente 15 min após a irrigação e coletava-se a solução do solo presente no extrator, por meio da sucção com uma seringa de 60 mL. A solução coletada era armazenada em potes plásticos com capacidade de 50 mL e, posteriormente acondicionados em geladeiras a aproximadamente 4°C.

Ao longo de cada ciclo de 30 dias de cultivo da forrageira foram feitas cinco coletas de solução do solo, ou seja, 15 coletas ao longo do período experimental, sendo realizadas análises de pH, condutividade elétrica, sódio, potássio, cálcio, magnésio, além da obtenção da razão de adsorção de sódio (RAS) (Equação 4) e razão de adsorção de potássio (RAP) (Equação 5).

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\left[\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}\right]^{0,5}} \quad (4)$$

$$RAP = \frac{K^{+}}{\left[\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}\right]^{0,5}} \quad (5)$$

Em que:

Na^{+} = concentração de sódio ($mmol_c.dm^{-3}$);

Ca^{++} = concentração de cálcio ($mmol_c.dm^{-3}$);

Mg^{++} = concentração de magnésio ($mmol_c.dm^{-3}$);

K^{+} = concentração de potássio($mmol_c.dm^{-3}$).

3.7.2. Avaliação das alterações nos atributos químicos do solo

As possíveis alterações nos atributos químicos do solo foram feitas coletando-se uma amostra do solo de cada vaso aos 90 dias. As amostras retiradas dos vasos foram encaminhadas ao laboratório para caracterização química, determinando o pH, os teores de P disponíveis de K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al, matéria orgânica, soma de bases, CTC efetiva.

Com os resultados de sódio, potássio, cálcio e magnésio foram obtidas a razão de adsorção de sódio (RAS), razão de adsorção de potássio (RAP), porcentagem de sódio trocável (PST) (Equação 6), porcentagem de potássio trocável (PPT) (Equação

7), razão de sódio trocável (RST) (Equação 8) e razão de potássio trocável (RPT) (Equação 9) segundo metodologia EMBRAPA (1999). Desta forma, de acordo com os resultados foram avaliados os efeitos da aplicação de diferentes doses de ARS e a testemunha.

$$PST = \frac{100.Na^{+}}{T} \quad (6)$$

$$PPT = \frac{100.K^{+}}{T} \quad (7)$$

$$RST = \frac{Na^{+}}{T-Na^{+}} \quad (8)$$

$$RPT = \frac{K^{+}}{T-K^{+}} \quad (9)$$

Em que:

Na^{+} = concentração de sódio ($mmol_c.dm^{-3}$);

K^{+} = concentração de potássio($mmol_c.dm^{-3}$).

T = CTC efetiva ($mmol_c.dm^{-3}$)

3.8. Análise estatística dos experimentos

3.8.1. Estudo da solução do solo

Os dados correspondentes à concentração de nutrientes na solução do solo em resposta à aplicação da ARS obtidos em cada experimento, avaliados por meio da obtenção e gráficos da variação para cada variável, ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

3.8.2. Estudo dos atributos químicos do solo

O estudo das alterações nos atributos químicos do solo em cada experimento foi realizada por meio de análise de variância para cada atributo químico monitorado. Visando comparar a testemunha respectivamente com as doses de ARS bruta e

tratada (150, 300, 450, 600 e 750 m³.ha⁻¹ de ARS) aplicou-se o teste de Dunnet ($\alpha \leq 5\%$ de significância).

Visando estudar os atributos químicos em resposta à aplicação da ARS bruta e tratada foi realizado uma análise de variância dos atributos monitorados utilizando os resultados obtidos correspondentes às doses de ARS. Quando houve efeito significativo, foram ajustadas equações de regressão em resposta às doses aplicadas para cada tipo de ARS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estudo da solução do solo

4.1.1. pH

Observa-se na Figura 11 A e B, que os valores do pH obtidos por meio do monitoramento da solução do solo diminuíram no decorrer do período experimental. A adição de resíduos orgânicos biodegradáveis pode vir a diminuir o pH do solo devido à produção de ácidos orgânicos tornando assim a solução do solo mais ácida (MORAES, 1991). Ou seja, o decréscimo dos valores de pH pode ser associado ao aumento na saturação por bases, visto que o íon H^+ , responsável pela acidez, substituiu as bases K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} na fase lábil (ALLOWAY, 1990).

Como a coleta da solução ocorreu após uma irrigação, onde o solo das unidades experimentais estava próximo à capacidade de campo, pode ter desenvolvido um ambiente de redução e propiciado a formação de CO_2 , diminuindo assim o pH pelo equilíbrio da reação: $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$ (VAHL e LOPES, 1998, citado por SILVA e RANNO, 2005).

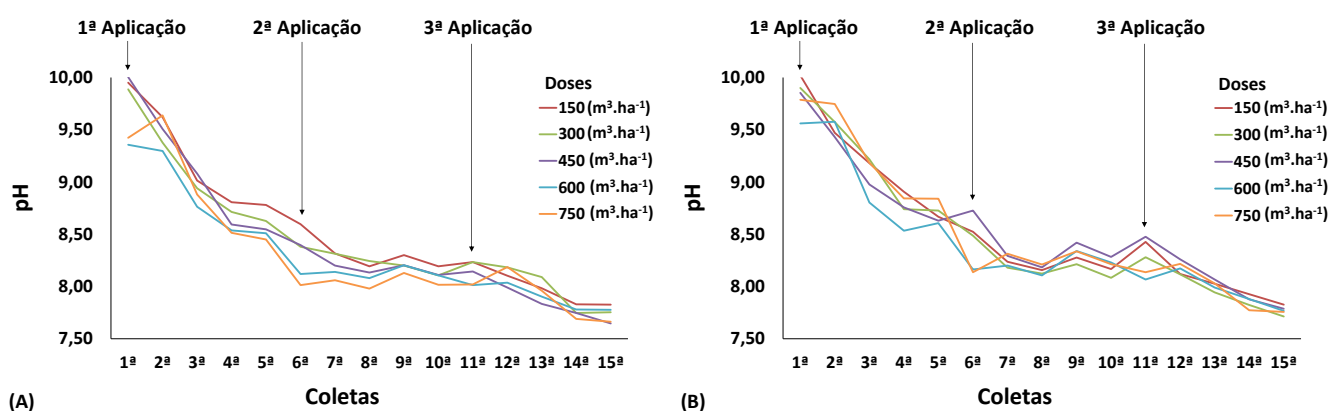


Figura 11. Valores médios do pH da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Desta forma, o monitoramento periódico do pH e de alguns nutrientes na solução do solo, com o auxílio de extratores de solução é uma excelente alternativa, de maneira a evitar prejuízos no desenvolvimento das culturas (DIAS et al.; 2005), pois é possível determinar a composição no momento da avaliação e realizar as intervenções necessárias.

4.1.2. Condutividade elétrica (CE)

Analisando a Figura 12 A e B, respectivamente, é possível verificar que as aplicações da ARS bruta e tratada proporcionaram variações nos valores da CE da solução do solo. Nota-se que logo após as aplicações da ARS os valores da CE aumentaram e posteriormente diminuíram, tendendo a estabelecer um valor de equilíbrio. As variações dos valores da CE apresentaram-se mais expressivas quando utilizada a ARS bruta, principalmente nas maiores doses. Por sua vez, o uso da ARS tratada proporcionou variações mais constantes após a segunda aplicação.

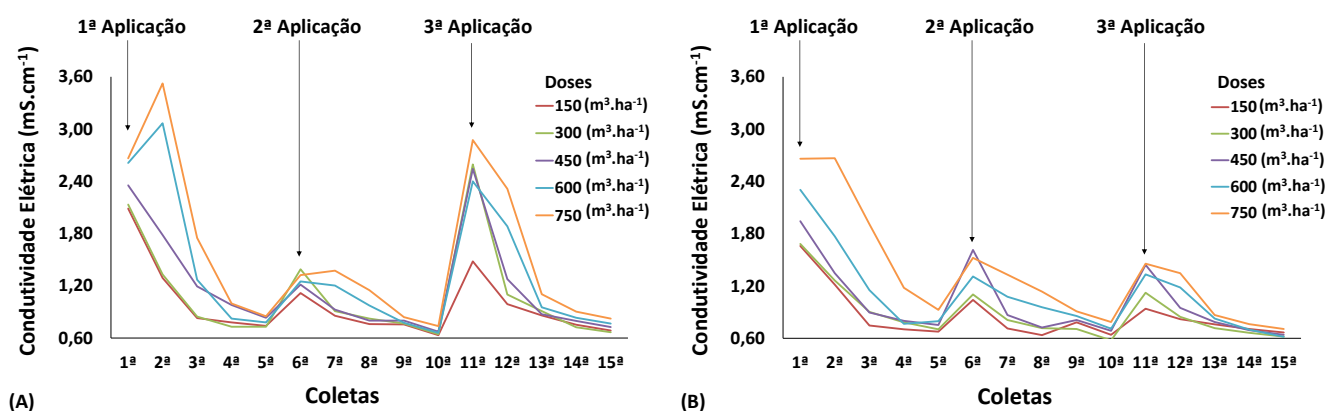


Figura 12. Valores médios da condutividade elétrica (CE) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Nota-se que estas variações estão relacionadas com a composição da ARS, uma vez que na terceira aplicação os valores da CE com a ARS bruta são mais pronunciados do que a ARS tratada, ou seja, observa-se maiores concentrações de alguns elementos químicos para a ARS bruta, principalmente do sódio e potássio, que influenciam diretamente na CE da solução do solo e que podem acarretar em sérios danos à estrutura química e física do solo.

Resultados semelhantes foram observados por Santos (2015) com a mesma tendência, ou seja, a condutividade elétrica da solução do solo foi mais elevada nos tratamentos com maiores doses de água residuária, em todas as avaliações durante o período experimental.

Os aumentos momentâneos da CE ao longo do período experimental podem indicar a adição e elevação da concentração de alguns sais solúveis, sendo que esta elevação pode afetar seriamente o desenvolvimento e a produção de muitas culturas.

À medida que a concentração de sais aumenta na solução do solo o potencial osmótico reduz, requerendo assim uma energia maior da planta para absorver a água do solo (SILVA et al., 2012).

4.1.3. Sódio

As aplicações da ARS bruta e tratada proporcionaram variação nos valores de sódio da solução do solo. Nota-se também que nas análises logo após as aplicações, as concentrações de sódio apresentaram rápida elevação, fato que pode ser explicado pela elevada concentração do elemento na composição da ARS.

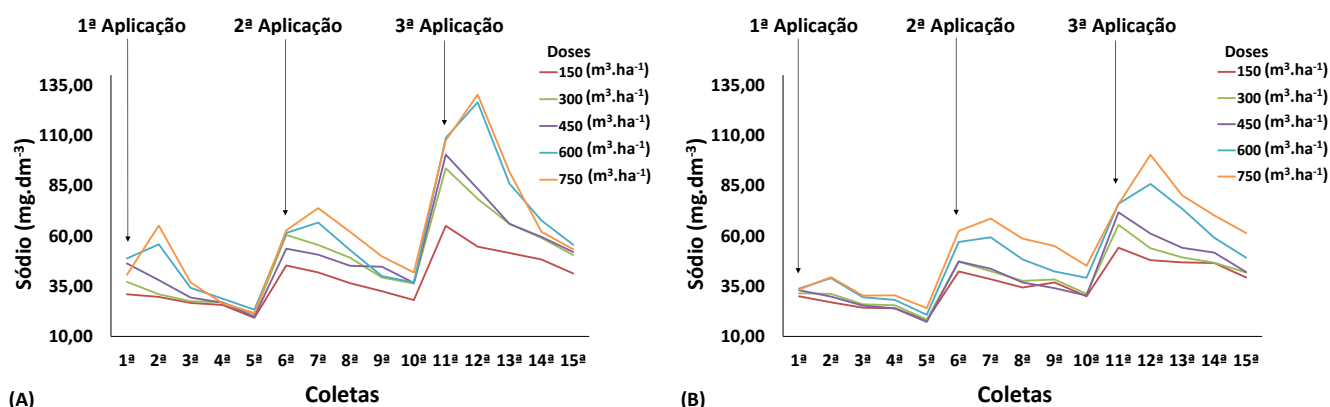


Figura 13. Valores médios do sódio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Corroborando com os resultados, Santos (2015) obteve que a aplicação de água residuária aumentou os níveis de sódio da solução do solo, sendo este acúmulo explicado devido à sua alta concentração no efluente utilizado e à baixa absorção pela cultura, resultando no acúmulo no perfil do solo (SANTOS, 2015).

Os teores de sódio em solos agrícolas podem aumentar com a adição de água residuária como a ARS, alterando certas características físicas do solo, devido à dispersão de argilas e mudança nas características químicas. A dispersão de argilas pode causar diversos danos ao solo, sendo uma das causas para a redução da porosidade do solo, condutividade hidráulica, taxa de infiltração e da destruição da estrutura do solo (FEIGIN et al., 1991), afetando diretamente o desenvolvimento das plantas.

4.1.4. Potássio

Observa-se na Figura 14 A e B que as aplicações de ARS bruta e tratada proporcionaram variações nos valores de potássio da solução do solo. Nota-se que logo após as aplicações da ARS os valores do potássio aumentam e posteriormente diminuem tendendo a estabelecerem um valor de equilíbrio, sendo que as maiores variações ocorreram na utilização da ARS bruta, principalmente para as maiores doses de ARS.

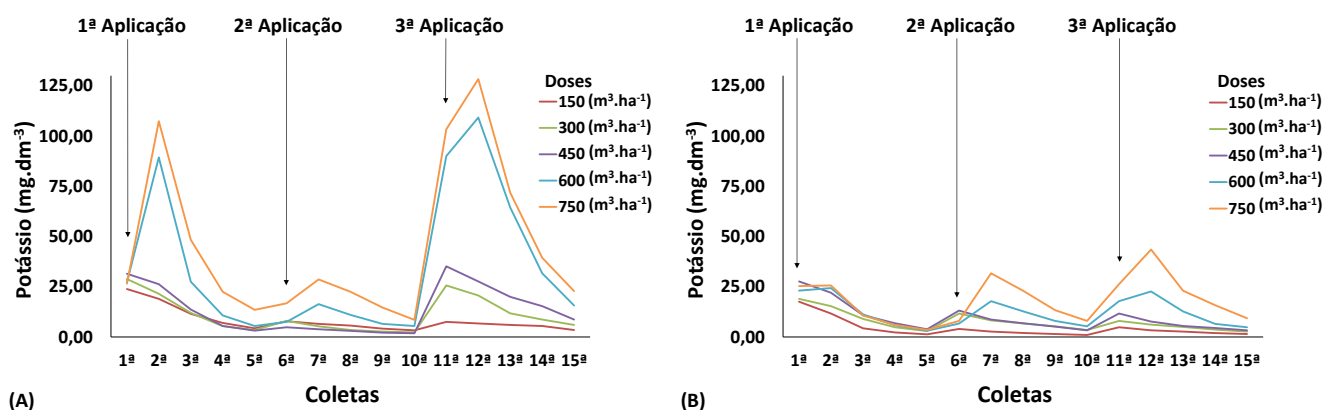


Figura 14. Valores médios do potássio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Assim como para o sódio, observa-se que estas rápidas elevações estão relacionadas com a composição da ARS, ou seja, fato que pode ser evidenciado na terceira aplicação, com valores de potássio mais pronunciados para a aplicação com a ARS bruta em relação a ARS tratada, ou seja, observa-se maior concentração de potássio.

Observa-se também que inicialmente os teores de potássio se apresentaram em torno de 25 a 40 mg.dm⁻³ (Figura 14 A) e 18 a 27 mg.dm⁻³ (Figura 14 B), sendo que ao final do experimento os valores estavam entre 2 e 30 mg.dm⁻³ (Figura A) e 2 a 10 mg.dm⁻³ (Figura B), ou seja, apresentaram decaimento ao longo do período de avaliação. Tal fato pode ser explicado pela alta solubilidade do elemento na solução do solo, sendo facilmente lixiviado no perfil do mesmo, além de ser um dos elementos mais extraídos pelas forrageiras (PRIMAVESI et al., 2004; PRIMAVESI et al., 2006; CARVALHO et al., 2006).

4.1.5. Cálcio

Observa-se que as aplicações de ARS (bruta e tratada) proporcionaram aumento das concentrações de cálcio ao longo do período de avaliação, com tendência de estabilização dos valores ao final das avaliações (Figura 15).

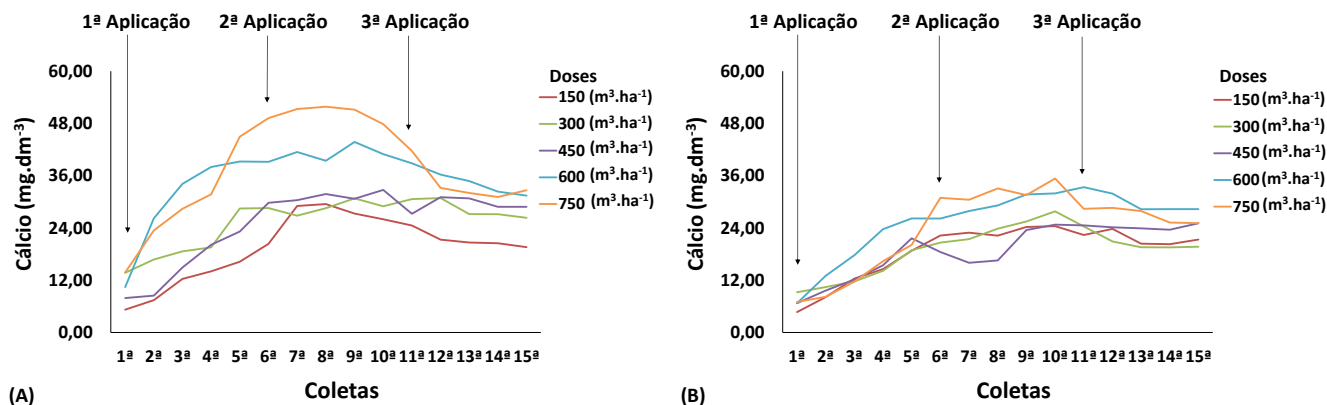


Figura 15. Valores médios do cálcio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Estes resultados de aumento na concentração de cálcio corroboram com os resultados obtidos por Maggi et al. (2011) e Santos (2015) que observaram aumento da concentração de Ca na solução do solo com a aplicação de taxas de águas residuárias no solo. O aumento da concentração de Ca na solução do solo, segundo Furtini Neto et al. (2001), pode ser explicado pelo fato de que a aplicação de resíduos orgânicos ao solo aumenta a lixiviação de cálcio.

Ou seja, é possível verificar que as concentrações de Ca aumentaram de acordo com o aumento das taxas de ARS, pelo fato da aplicação de ARS ocasionar a elevação inicial do pH da solução do solo, favorecendo a mineralização, aumentando a liberação de CO₂ e, conseqüentemente; a lixiviação de Ca(HCO₃) (MAGGI et al., 2011).

4.1.6. Magnésio

Observa-se na Figura 16 A e B que os valores de magnésio apresentaram comportamento semelhante ao observado para outras variáveis, com decaimento ao longo do período de avaliação experimental, principalmente para a aplicação das menores doses de ARS.

Após as aplicações da ARS, os valores de magnésio aumentaram momentaneamente e posteriormente diminuíram, com tendência de estabelecimento de um valor de equilíbrio, sendo que as variações dos valores de magnésio apresentaram-se mais expressivas quando aplicada a ARS bruta.

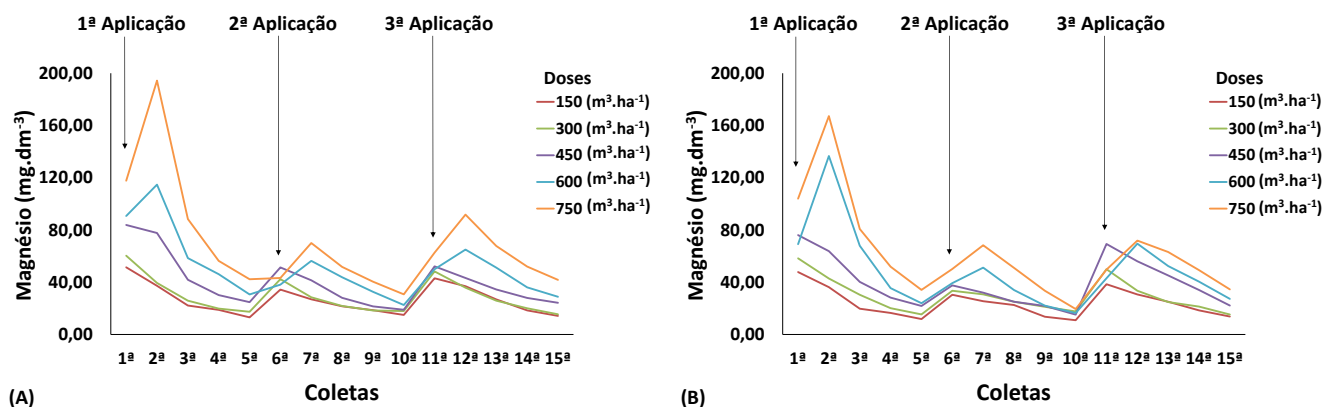


Figura 16. Valores médios do magnésio da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

Além disso, segundo Brunetto et al. (2012), o incremento de magnésio com a aplicação de ARS pode não ter sido acompanhado de aumento equivalente nas cargas negativas do solo, assim, a insuficiência de cargas para reter o incremento do magnésio significou que, em sua maior parte, o elemento se dissolve na solução, porém nas partes mais profundas do perfil, pois se tornou altamente suscetível à lixiviação.

4.1.7. Razão de adsorção de sódio (RAS)

Observa-se na Figura 17 A e B, que os valores da RAS obtidas por meio do monitoramento da solução do solo aumentaram ao longo do período de avaliação experimental. Nota-se também que após as aplicações da ARS os valores da RAS aumentaram momentaneamente e posteriormente diminuíram tendendo a estabelecer um valor de equilíbrio, sendo as variações mais expressivas nas aplicações de ARS bruta, reflexo das maiores concentrações de sódio em relação à ARS tratada.

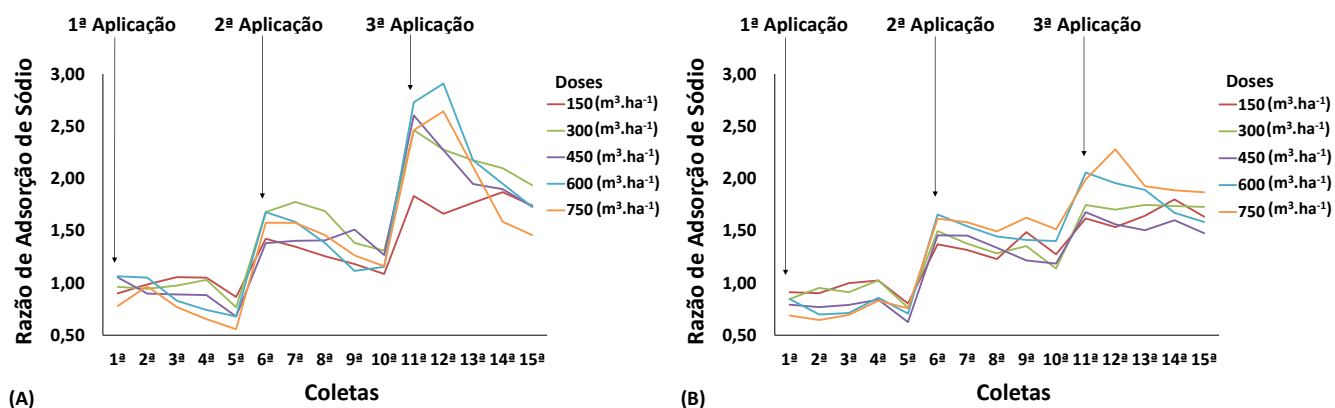


Figura 17. Valores médios da razão de adsorção de sódio (RAS) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

O aumento da RAS é diretamente influenciado pelos teores de Ca, Mg e principalmente pelo Na da solução do solo na camada analisada, elementos provenientes dos efluentes aplicados. Neste sentido, este cenário é bastante favorável para potencialização da salinização do solo (SANTOS, 2015) e possível sodificação do solo, principalmente em valores de RAS acima de 3,00 (RENGASAMY e OLSSON, 1991).

4.1.8. Razão de adsorção de potássio (RAP)

Nota-se na Figura 18 A e B que, assim como para os potássio, as aplicações de ARS promoveram momentaneamente a elevação dos valores da RAP da solução do solo, com aumentos pontuais ao longo das avaliações, principalmente nas maiores doses de ARS e posteriormente diminuíram tendendo a estabelecer equilíbrio.

Assim como para o potássio, observa-se que estas rápidas elevações estão relacionadas com a composição da ARS, ou seja, alta concentração de potássio na ARS aplicada, sendo mais pronunciadas para a aplicação de ARS bruta em relação à ARS tratada.

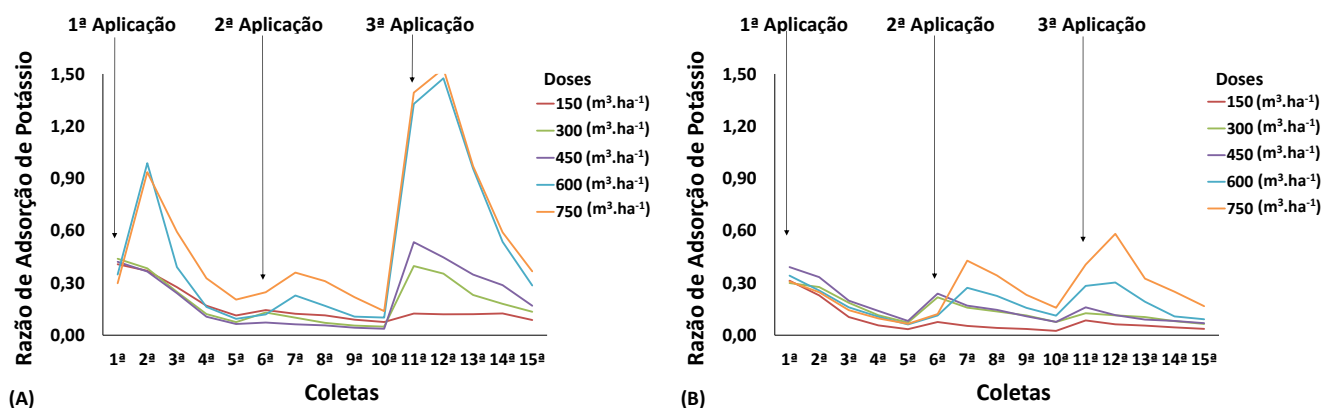


Figura 18. Valores médios da razão de adsorção de potássio (RAP) da solução do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de ARS bruta (A) e tratada (B) ao longo dos 90 dias de avaliação experimental.

A utilização da razão de adsorção de potássio (RAP), análoga aos valores da razão de adsorção de sódio (RAS), permite avaliar a relação dos íons monovalentes com o risco de salinização, que causam degradação física do solo. Ou seja, com base nos resultados obtidos, o cenário é bastante favorável para potencialização da salinização do solo, com risco de dispersão do mesmo pelo aumento da RAS e da RAP.

4.2. Estudo dos atributos químicos do solo

Verificou-se por meio da análise de variância dos atributos químicos que as aplicações de ARS bruta e tratada, durante o período de avaliação experimental, não proporcionaram alterações significativas no pH, P, Ca, Mg, matéria orgânica, CTC efetiva, soma de bases e relação Ca/Mg. No entanto, os teores de sódio e potássio, bem como a RAS, RAP, PST, PPT, RST e RPT apresentaram diferenças significativas em relação à testemunha.

Por meio dos dados apresentados na Tabela 4, nota-se que no curto tempo em que o experimento foi realizado, apenas os elementos monovalentes (Na e K) bem como suas relações no complexo de troca catiônica do solo apresentaram resposta a aplicação de ARS bruta e tratada. A aplicação de ARS acima de 100 m³.ha⁻¹ foi suficiente para diferenciar os teores de sódio em relação à testemunha.

Apesar de haver o estudo da diferença de médias, observa-se entre as doses de 100 a 250 m³.ha⁻¹ incremento dos teores de sódio no solo em decorrência do

ARS bruta	5,43	6,28 ^{ns}	6,43 ^{ns}	6,72*	7,38*	7,57*
ARS tratada	5,43	5,52 ^{ns}	6,73*	6,83*	6,90*	7,21*
----- Razão de Sódio Trocável -----						
ARS bruta	0,06	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08*	0,08*
ARS tratada	0,06	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08*
----- Potássio (mg.dm ⁻³) -----						
ARS bruta	43,83	44,17 ^{ns}	52,67 ^{ns}	52,83 ^{ns}	63,50*	69,83*
ARS tratada	43,83	51,33 ^{ns}	53,83 ^{ns}	54,73 ^{ns}	68,83*	71,17*
----- Razão de Adsorção de Potássio -----						
ARS bruta	0,08	0,08 ^{ns}	0,11*	0,11*	0,13*	0,14*
ARS tratada	0,08	0,09 ^{ns}	0,11*	0,11*	0,12*	0,12*
----- Porcentagem de Potássio Trocável -----						
ARS bruta	1,88	1,88 ^{ns}	2,50*	2,53*	2,57*	2,95*
ARS tratada	1,88	1,76 ^{ns}	2,40*	2,41*	2,47*	2,53*
----- Razão de Potássio Trocável -----						
ARS bruta	0,01	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03*	0,03*
ARS tratada	0,01	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03*	0,03*

*médias significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnet;

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados pelos autores Souza (2004); Pereira et al. (2010); Silva (2017) que evidenciaram incremento do teor de Na no solo com o aumento da taxa de água residuária aplicada, evidenciando o acúmulo do nutriente no solo.

Em decorrência do aumento dos teores de Na do solo, outras variáveis foram diretamente influenciadas, dentre elas a RAS, PST e RST, com incremento nos valores em resposta à aplicação das maiores doses de ARS bruta e tratada, assim como observado para o sódio.

Para os valores de potássio, a aplicação de ARS acima de 200 m³.ha⁻¹ foi suficiente para diferenciar da testemunha. Nota-se também entre as doses de 200 e 250 m³.ha⁻¹ que a aplicação da maior dose de ARS bruta e tratada apresentou maior média, coerente com a maior adição de potássio em decorrência do maior volume de ARS aplicada no tratamento.

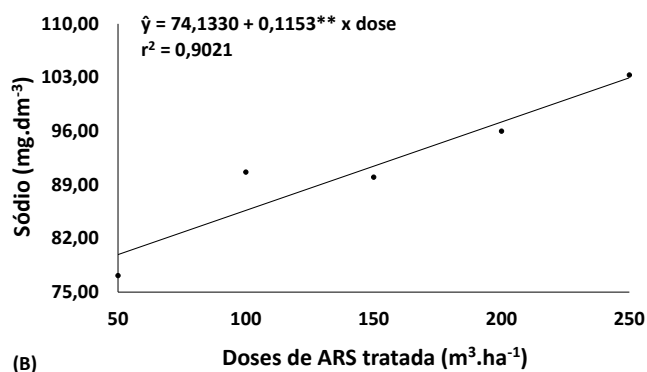
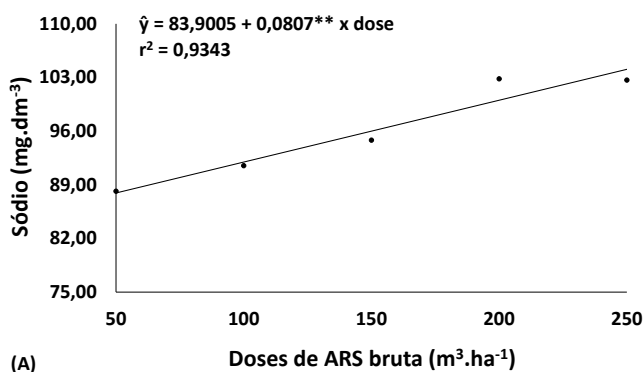
Corroborando com os resultados, Erthal et al. (2010) trabalhando com água residuária de bovinocultura, observaram aumento significativo na concentração de potássio do solo em consequência do aumento da concentração de água residuária aplicada.

Assim como para os teores de sódio do solo, o aumento dos valores de potássio influenciou diretamente na RAP, PPT e RPT do mesmo. Observa-se que a aplicação de doses acima de $100 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de ARS bruta e tratada foi suficiente para diferenciar os valores de RAP e PPT com a testemunha, além da diferença estatística em relação à testemunha para os valores acima de $200 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de ARS bruta e tratada para a variável RPT. Tal fato evidencia a possibilidade do risco de acúmulos de elementos monovalentes no solo na ausência de precipitações e aliado à aplicação de ARS em pastagem.

O acúmulo destes elementos pode ser explicado pelo fato da falta de precipitação no experimento e adição pela aplicação de ARS, ou seja, evapotranspiração das unidades experimentais supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, consequentemente, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE e FREIRE, 2007), com tendência de acúmulo de sais, principalmente os cátions Na^+ e K^+ (RIBEIRO et al., 2009).

4.3. Monitoramento dos tratamentos com ARS

Analisando os resultados dos atributos químicos do solo em resposta às aplicações da ARS bruta e tratada, verificou-se por meio da análise de variância que apenas os elementos Na e K, bem como suas relações no complexo de troca catiônica apresentaram alterações no solo. Observa-se nas Figuras 19 e 20, respectivamente, que a aplicação da ARS bruta e tratada aumentou linearmente as variáveis acima descritas. Estes resultados reforçam a possibilidade do risco de acúmulos de elementos monovalentes no solo na ausência de precipitações, em curto espaço de tempo decorrente da aplicação da ARS.



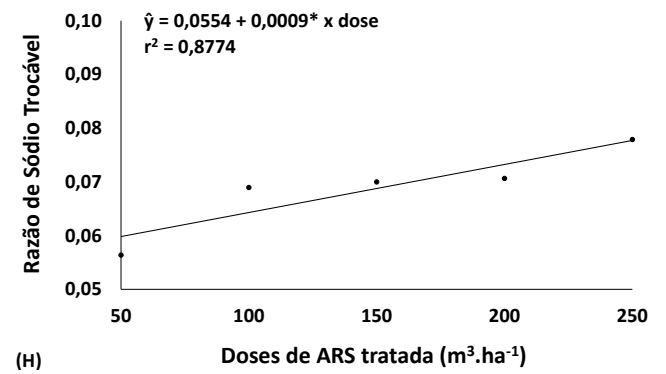
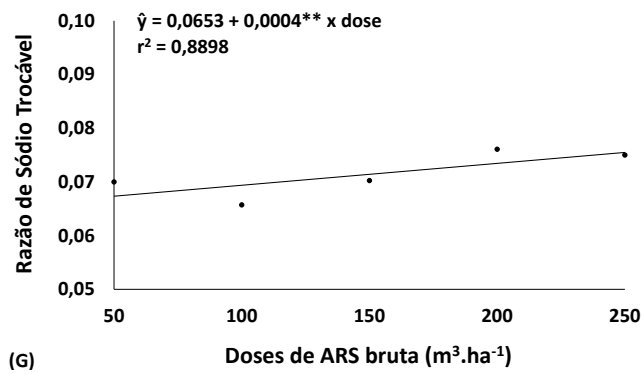
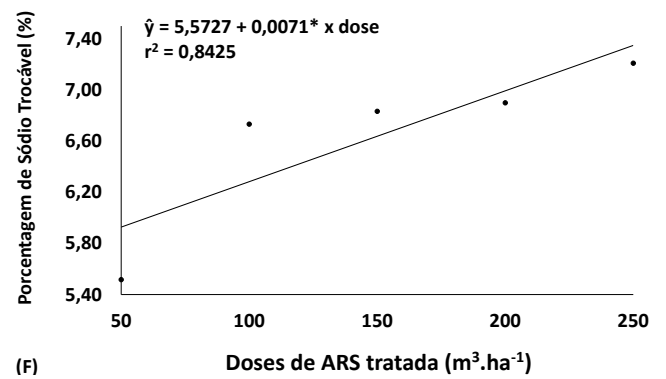
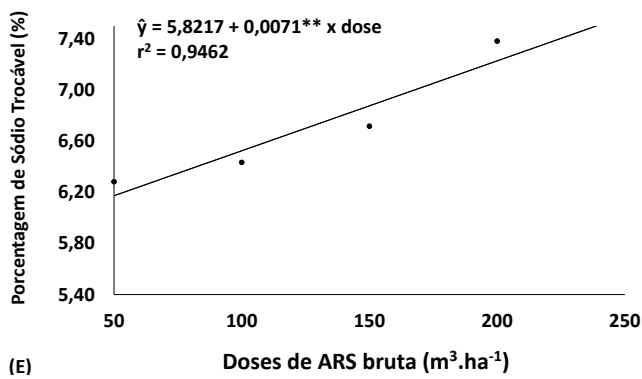
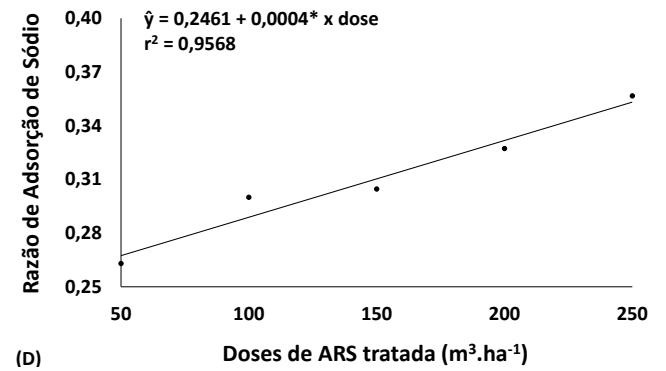
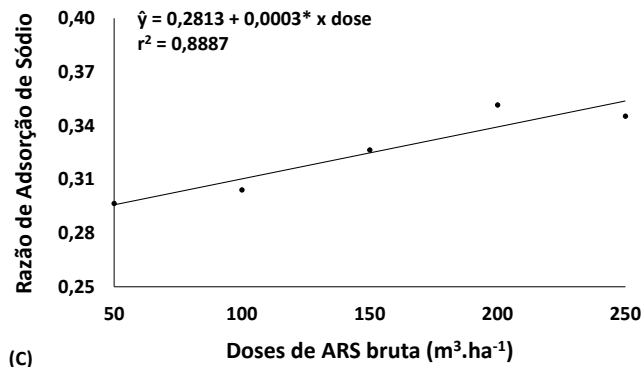


Figura 19. Valores médios de sódio, RAS, PST e RPT do solo obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de diferentes doses de ARS bruta e tratada ao final do período experimental.

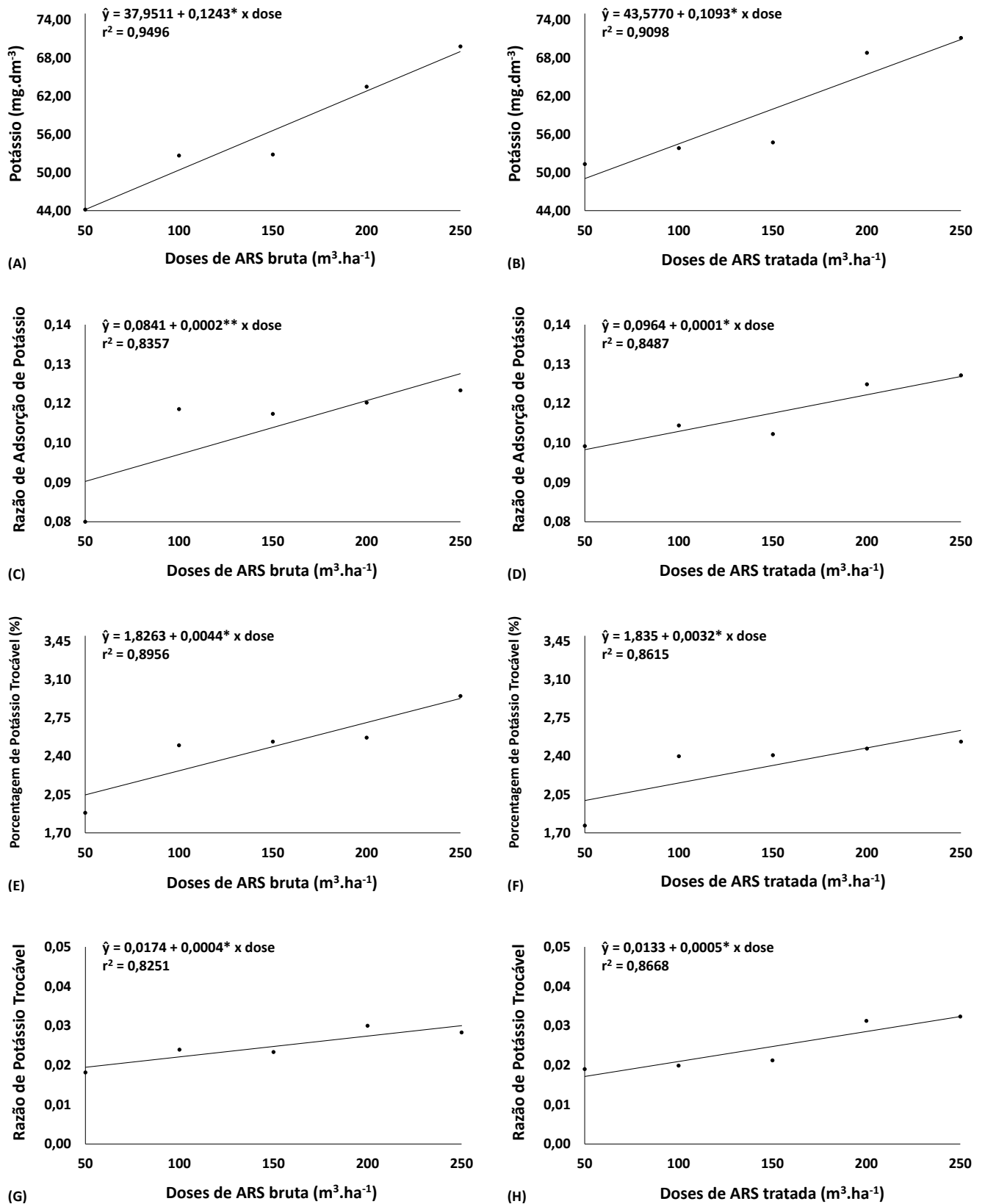


Figura 20. Valores médios de potássio, RAP, PPT e RPT do solo, obtidos nas unidades experimentais em resposta à aplicação de diferentes doses de ARS bruta e tratada ao final do período experimental.

As condições de realização do experimento, apenas com irrigação e sem precipitação podem ter sido fator predominante para o acúmulo destes elementos monovalentes no solo, comprometendo a relação solo-planta, influenciando diretamente nos aspectos químicos e físicos. Assim, o aumento da concentração destes elementos em relação ao outros pode influenciar na disponibilidade e transporte, pois esta condição pode afetar diretamente a absorção e a translocação de outros elementos, como cálcio e magnésio (GRATTAN e LAMENTA, 1994).

Por esse motivo, o acúmulo de sais implica na necessidade da recuperação do solo por meio de lixiviação ou lavagem dos sais acumulados para fora da zona do sistema radicular das culturas, por meio de lâmina de irrigação ou principalmente por precipitação (AGUIAR NETTO et al., 2007; HOLANDA et al., 2007; AMORIM et al., 2008), o que não aconteceu no período experimental.

Desse modo, observa-se que a aplicação da ARS bruta e tratada, em períodos em que a precipitação é deficitária, não é recomendada, podendo haver o acúmulo de sais monovalentes, principalmente do sódio, que pode provocar danos à estrutura do solo, como a dispersão da argila e, desta forma, acarretar em uma camada adensada que dificulta o crescimento, a respiração, a expansão radicular, além da absorção de água e fixação de CO₂ pela planta (TÁVORA et al., 2001).

5. CONCLUSÕES

A aplicação de ARS proporcionou alterações nos atributos químicos da solução do solo, como decaimento do pH e, aumentos momentâneos da CE, RAP e dos teores de K e Mg e posterior decaimento tendendo a estabelecer um valor de equilíbrio.

Além disso, houve o aumento nos teores de Na e Ca e dos valores da RAS da solução do solo.

As aplicações de ARS bruta e tratada não proporcionaram alterações significativas no pH, P, Ca, Mg, matéria orgânica, CTC efetiva, soma de bases e relação Ca/Mg do solo.

Os teores de sódio e potássio, bem como a RAS, RAP, PST, PPT, RST e RPT apresentaram diferenças significativas em relação à testemunha, correlação linear positiva em relação às doses de ARS (bruta e tratada).

6. REFERÊNCIAS

Aguiar Netto, A. O.; Gomes, C. C. S.; Lins, C. C. V. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, p.1640-1645, 2007.

ALMEIDA, R. G. de. Aspectos legais para a água de reuso. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 2, p. 31-43, 2011.

ALLOWAY, B. J. **Soil processes and the behaviour of metals**. ed. Heavy metals in soils. Ipswich, John Wiley e Sons, p.7-28, 1990.

ALVES, R. G. C. de M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processos anaeróbicos – operação e avaliação de diversos reatores em escala real**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2007.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995.

AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BALKS, M.R.; BOND, W.J.; SMITH, C.J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.821-830, 1998.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, p. 247, 1989.

BARNABÉ, M. C. **Produção e composição bromatológica da Brachiaria brizantha cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás – Mestrado em Ciência Animal. Goiânia, 2001.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 625, 2006.

CABRAL, J. R.; Freitas, P. S. L.; Rezende, R.; Muniz, A. S.; Bertonha, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, Campina Grande/PB, 2011.

CARVALHO, F.G.; BURITY, H. A.; SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F.; SILVA, A.J.N. Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania-GO, v.36, p.101-106, 2006.

CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911–1923, 2012.

CHAVES, A.D.C.G.; DE ALMEIDA, R.R.P.; CRISPIM, D.L.; DE QUEIROZ, M.M.F.; MARACAJÁ, P.B. Condutividade elétrica, pH e a relação adsorção de sódio nas águas de poços do município de Pombal-PB. **Revista Verde**, v. 10, n.1, p.06 – 12. Pombal – PB, 2015.

CORRÊA, L. A. **Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte**. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS. Temas em evidência. Lavras: UFLA, p. 149-179. 2000.

COSTA, D. M. A. da. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Natal, 2007.

DIAS, N. da S.; DUARTE, S. N., GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F. de; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido,

utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.496-504, 2005

DIESEL, R.; MIRANDA, R.C.; PERDOMO, C.C.; **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos Boletim Informativo de Pesquisa** - Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS, Articulação da Embrapa Suínos e Aves com a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/RS, 2002.

DIKINYA, O.; HINZ, C.; AYLMORE, G. Influence of sodium adsorption ratio on sodium and calcium breakthrough curves and hydraulic conductivity in soli columns. **Australian Journal of Soil Research**, v.45, p.586-597, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília/DF, 2006.

ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. 224p.

FERREIRA, P. A., RUIZ, H. A. **Transporte de solutos no solo**. Viçosa – MG: UFV, 2007.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

FREIRE, M. B. G. S. & FREIRE, F. J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 929-954. 2007.

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERRERA, P. A.; ALVAREZ, V. H.; FREIRE, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.227- 232, 2003.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA, Lavras, 2001.

GONÇALVES, M. S. **Desenvolvimento de forrageiras tropicais submetidas a diferentes tensões de água no solo**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal. Alegre, 2016.

GRATTAN, S. R., LAMENTA, M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, M. Handbook of plant and Crop stress. Marcel Dekker: New York, p. 203-226, 1994.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.39-50, 2007.

IRVINE, S.A.; REID, D.J. Field prediction of sodicity in dryland agriculture in Central Queensland, Australia. **Australian Journal of Soil Research**, v.39, p.1349-1357, 2001.

KÖPPEN, W. Climatologia. Fundo de Cultura Econômica. México, 1948. 478p.

KRAJESKI, A.; POVALUK, M. Alterações no Solo Ocasionadas pela Fertirrigação dos Dejetos Suínos. **Revista Saúde Meio Ambiente**. v. 3, n. 1, p. 3-18, 2014.

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

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L. de; SAMPAIO, S. C. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.2, p.170–177, 2011.

MATOS A. T.; FREITAS W.S.; FIA R.; MATOS, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. v.17, n.5, p.383-391, 2009.

MATOS, A. T. de; ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, M. P. de. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.501–506, Campina Grande/PB, 2014.

MATTOS, K. M. da C.; **Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola**. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, BOTUCATU/SP, Agosto, 2003.

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A. V. de; VIEIRA, P. de F.; CUNHA NETO, F. R. da.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; GASTADELLO JUNIOR, A. Produção e qualidade da forragem de capim Marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.309-318, 2007.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, Viçosa/MG, 2005.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.109-122.

MORAES, J. F. V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.85-97, 1991.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E. & LUNA, J. G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas de um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.783-789, 1999.

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

PALIWAL, K. V.; GANDHI, A. P. **Effect of salinity, SAR, Ca:Mg ratio in irrigation water, and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage.** Soil Science, v.122, p.85-90, 1976.

PEREIRA, B. F. F. et al. **Irrigação de laranjeira com efluente de esgoto tratado; Na e K no solo.** In: Congresso brasileiro de ciências do solo, Uberlândia, MG, 2010.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação.** Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 305p. 2007.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. F. Adubação nitrogenada em Capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v, 33, n, 1, p, 68-78, Viçosa/MG, 2004.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G. & CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 30:562-568, 2006.

QUEIROZ, F. M.; MATTOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetidos ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivados com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, p.1487- 1492, 2004.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Sodicity and soil structure. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.29, p.935-952, 1991.

RIBEIRO, M. R.; et al. **Química dos solos salinos e sódicos**. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 449-484, 2009.

RICHARDS, L.A. (Ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook**. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, 1954. 160p.

SACOMORI, W. **Concentração de nutrientes na solução de latossolo e produtividade de milho após treze anos de adubação com dejetos suíno**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina - Pós-graduação em Ciência do Solo. Lages, 2015.

SAMPAIO, S. C. et. al. **Lixiviação de íons em colunas de solo deformado e indeformado**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.30, n.1, p.150-159, jan./fev. 2010.

SANTOS, A. P. R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-Tifton 85**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SANTOS, G. O. **Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em *Brachiaria***. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciências do Solo). Unesp, Jaboticabal, 2015.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. **Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.34, p.1375-1383, 2010.

SILVA, A. de A.; LANA, A. M. Q.; LANA, LANA, R. M. Q.; COSTA, A. M. da COSTA. Fertilização com dejetos suínos: Influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P. S.; SILVA, G. T. de. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Revista Irriga**, Botucatu, p. 250 - 263, 2012.

SILVA, J. R. M. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com grama esmeralda (*Zoysia japonica*)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Lavras, 2017.

SINGH, P. K.; DESHBHRATAR, P. B.; RAMTEKE, D. S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, v. 103, p. 100-104, 2012.

SOUZA, J. A. R. de; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; MOREIRA, D. A. Nutrição de tomateiro fertirrigado com água Residuária da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v.18, n.1, 2010.

TÁVORA, F. J. A. F.; et al. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 441-446, 2001.

VAN GENUCHTEN, M.T. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.

VIELMO, H. **Dejeto líquido de suínos na adubação de pastagem de Tifton 85**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal. Curitiba, 2008.