

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS DUAS APLICAÇÕES
SUCESSIVAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALINI BOSSOLANI ROSSINO

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2018

ALINI BOSSOLANI ROSSINO

ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS DUAS APLICAÇÕES
SUCESSIVAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profª. Dra. Adriane de Andrade Silva

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2018

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

- R835a
2018
- Rossino, Alini Bossolani, 1991
Alterações nos atributos químicos do solo após duas aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura / Alini Bossolani Rossino. - 2018.
101 p. : il.
- Orientadora: Adriane de Andrade Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.760>
Inclui bibliografia.
1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Resíduos de animais - Reaproveitamento - Teses. 3. Nutrientes - Teses. 4. Pastagens - Adubos e fertilizantes - Teses. I. Silva, Adriane de Andrade. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

ALINI BOSSOLANI ROSSINO

ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS DUAS APLICAÇÕES
SUCESSIVAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

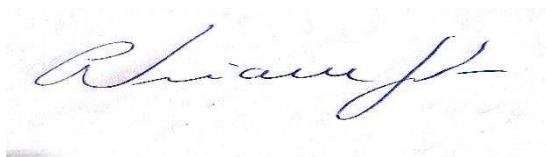
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28/02/2018

Prof. Dra. REGINA MARIA QUINTÃO LANA UFU

Prof. Dr. JOSÉ GERALDO MAGESTE DA SILVA UFU

Prof. Dr. HELIOMAR BALEEIRO DE MELO JUNIOR IFTM



Prof. Dra. ADRIANE DE ANDRADE SILVA UFU
(Orientadora)

Uberlândia – MG

FEVEREIRO – 2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse. A Ele dedico todas as minhas conquistas, pois guiando meus passos, coloca sempre pessoas especiais em meu caminho.

A Universidade Federal de Uberlândia, que me amparando desde a graduação, permitiu que mais essa etapa fosse concluída com sucesso. Em especial, ao programa de pós-graduação em qualidade ambiental, todos os professores e funcionários e ao laboratório de solos (LABAS-UFU), seus funcionários, técnicos, professores e alunos que oportunizaram uma melhor vivência acadêmica.

A minha orientadora, Professora Doutora Adriane de Andrade Silva, quem tanto admiro, pelo suporte e assistência no âmbito da pesquisa. Agradeço por ser muito mais do que uma orientadora, uma amiga com quem sempre posso contar.

A FAPEMIG e CNPq pelo apoio financeiro.

A Fazenda Bonsucesso, que disponibilizou a área para a implantação dos sistemas agroflorestais e pela sensibilidade dos proprietários em contribuir com a pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para a agropecuária sustentável.

Ao Professor Doutor Ednaldo Carvalho Guimarães, que foi primordial no desenvolvimento deste trabalho, auxiliando-me com presteza e solicitude nas análises estatísticas.

Aos meus pais, João e Regina, que, com muito carinho e apoio, sempre estiveram ao meu lado e não mediram esforços para que eu concluísse mais essa fase. A minha irmã, Isabela, que é meu exemplo de dedicação e em quem sempre me espelho. Obrigada por me ajudar a crescer.

Ao Gustavo, que além de meu namorado, foi fundamental no desenvolvimento desse trabalho, auxiliando-me nas árduas coletas de solos. Agradeço por acreditar em mim e estar sempre presente.

Aos meus familiares, tios, primos, padrinhos, que sempre torcem por mim em todas as minhas conquistas, principalmente meus primos Eduardo e Larissa e minha tia, Vitória, que, estando em Uberlândia, acompanham meus passos de perto e estão sempre prontos para ajudar.

Por fim, agradeço aos amigos, com quem sempre divido bons momentos e compartilho vivências e experiências. Essa dissertação só foi concluída porque tive, em algum momento, o apoio de vocês. Muito obrigada a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	ix
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	2
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Sódio (Na)	18
4.2 Cálcio (Ca)	23
4.3 Magnésio (Mg)	25
4.4 Potássio (K)	30
4.5 Fósforo (P)	36
4.6 Zinco (Zn)	38
4.7 Cobre (Cu)	43
4.8 Matéria Orgânica (MO)	49
4.9 pH	51
4.10 Soma de Bases (SB) – K+ Ca + Mg	55
4.11 Soma de Bases (SB) – K + Ca + Mg + Na	59
4.12 Alumínio (Al)	66
4.13 Saturação por Alumínio (m%)	69
4.14 Capacidade de troca de cátions efetiva (t)	75
4.15 Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T)	81
4.16 Saturação por bases (V%)	87
5 CONCLUSÕES	92
6 REFERÊNCIAS	93

LISTA DE ABREVIATURAS

ARS – Água residuária de suinocultura
CE – Condutividade elétrica
CFSEMG – Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais
cmolc dm⁻³ - centimol carga por decímetro cúbico
CTC – Capacidade de troca catiônica
CTC-t – Capacidade de troca catiônica efetiva
CTC-T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0
dS m⁻¹ – DeciSiemens por metro
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
g kg⁻¹ – Gramas por quilos
ISNa – Índice de saturação por Sódio
L dia⁻¹ – Litros por dia
L suíno⁻¹ – Litros por suíno
LD – Linhas duplas de *C. citriodora*
LS – Linha simples de *C. citriodora*
m – Saturação por alumínio
m³ – Metros cúbicos
m³ ha⁻¹ – Metros cúbicos por hectare
m³ ha⁻¹ano⁻¹ – Metros cúbicos por hectare por ano
mg dm⁻³ – Miligramas por decímetro cúbico
mg L⁻¹ – Miligramas por litro
mm – Milímetros
P-melich – Extrator Mehlich -1 para Fósforo
PST – Percentagem de sódio trocável
SB – Soma de bases
TFSE - Terra fina seca em estufa
US – Pastagem solteira de *U. decumbens*
V – Saturação por bases

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Caracterização química do solo da área experimental, Uberlândia-MG, 2014.	14
TABELA 2. Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Uberlândia MG, 2014.....	14
TABELA 3. Caracterização química da água residuária de suinocultura, Uberlândia-MG, 2015	16
TABELA 4. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.....	19
TABELA 5. Médias dos valores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0-0,20 m).....	20
TABELA 6. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,2-0,40 m.....	21
TABELA 7. Médias dos valores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	22
TABELA 8. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cálcio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.....	24
TABELA 9. Médias dos valores de cálcio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	25
TABELA 10. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	26
TABELA 11. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).....	27
TABELA 12. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	27
TABELA 13. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	28
TABELA 14. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.	29
TABELA 15. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais,	

linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m)..... 30

TABELA 16. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m. 31

TABELA 17. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m)..... 32

TABELA 18. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m. 33

TABELA 19. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m)..... 33

TABELA 20. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m. 34

TABELA 21. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m)..... 35

TABELA 22. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de fósforo no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m. 37

TABELA 23. Médias dos valores de fósforo no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m)..... 37

TABELA 24. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m. 39

TABELA 25. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m)..... 39

TABELA 26. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m. 40

TABELA 27. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m)..... 41

TABELA 28. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m. 42

TABELA 29. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais,

linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	43
TABELA 30. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	44
TABELA 31. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).....	45
TABELA 32. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	46
TABELA 33. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	47
TABELA 34. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.	48
TABELA 35. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	48
TABELA 36. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de matéria orgânica no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	50
TABELA 37. Médias dos valores de matéria orgânica no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).	51
TABELA 38. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.....	52
TABELA 39. Médias dos valores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	53
TABELA 40. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.....	54
TABELA 41. Médias dos valores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	55
TABELA 42. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	

TABELA 43. Médias dos valores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).

57

TABELA 44. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.

58

TABELA 45. Médias dos valores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).

59

TABELA 46. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.

60

TABELA 47. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).

61

TABELA 48. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.

62

TABELA 49. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).

63

TABELA 50. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.

64

TABELA 51. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).

65

TABELA 52. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.

66

TABELA 53. Médias dos valores de soma de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).

67

TABELA 54. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.	68
TABELA 55. Médias dos valores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	69
TABELA 56. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	70
TABELA 57. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).	71
TABELA 58. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	72
TABELA 59. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).	73
TABELA 60. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.....	74
TABELA 61. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).	75
TABELA 62. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	76
TABELA 63. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).	77
TABELA 64. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	78
TABELA 65. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i>	

solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	79
TABELA 66. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.	80
TABELA 67. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	81
TABELA 68. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20 m.	82
TABELA 69. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20 m).....	83
TABELA 70. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	84
TABELA 71. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	85
TABELA 72. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60 m.	86
TABELA 73. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60 m).....	86
TABELA 74. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	88
TABELA 75. Médias dos valores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).....	89
TABELA 76. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de <i>C. citriodora</i> e <i>U. decumbens</i> solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40 m.	90

TABELA 77. Médias dos valores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40 m).
..... 90

RESUMO

ROSSINO, ALINI BOSSOLANI. **Alterações nos atributos químicos do solo após duas aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura.** 2018. 101 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG¹.

Manejar os dejetos suínos trata-se de um grande problema enfrentado pelos suinocultores em sistemas confinados. Uma das possíveis alternativas para destinação final da água residuária de suinocultura (ARS) é o seu uso como fertilizante, pois os nutrientes delas podem ser disponibilizados para as plantas, podendo suprir parcial ou totalmente a adubação mineral. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica da aplicação de ARS em sistema agroflorestal em diferentes arranjos e em pastagem solteira, observando as alterações de suas características químicas ao longo de dois anos de aplicação. Os sistemas foram conduzidos na Fazenda Bonsucesso, localizada no município de Uberlândia em 2015 e 2016. Avaliou-se três experimentos, sendo um com Pastagem de *Urochoa decumbens* solteira, os demais de sistemas agroflorestais com *Corymbia citriodora* em linha simples e com *Corymbia citriodora* em linha dupla, ambos com pastagens nas entrelinhas das espécies arbóreas. Cada experimento foi implantado individualmente, e comparou-se qualitativamente os sistemas em relação ao sistema e ano. O delineamento foi de blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos foram 5 doses de água residuária de suinocultura: 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Avaliou-se a dinâmica de variações dos atributos químicos do solo nas camadas de 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade, comparando-se os três experimentos e duas aplicações sucessivas de ARS (2015 e 2016). As sucessivas aplicações de ARS proporcionaram ao solo aumento dos nutrientes no primeiro ano de implantação, principalmente na camada mais superficial do solo. Os altos teores de Na encontrados indicam que o solo já apresentava inicialmente um nível de salinidade considerado salino ou salino-sódico, não podendo ser atribuído somente ao período experimental os teores observados. O incremento de Ca foi discreto e pode ser explicado pela pouca quantidade de Ca na ARS. Houve diminuição dos nutrientes Na, Mg, K, P, Zn e Cu após o segundo ano de implantação, o que demonstra que as taxas de extração foram maiores que a quantidade de nutrientes aplicada ao solo via ARS. O pH do solo estudado praticamente não foi alterado com a aplicação de ARS. Já os valores de Soma de bases e capacidade de troca catiônica (CTC) à pH 7,0, principalmente no arranjo com linha simples, aumentaram com a aplicação de ARS. Os valores encontrados para Al e Saturação por Al estão, em sua maioria, acima do adequado para os principais cultivos agrícolas, havendo um incremento nos valores do primeiro para o segundo ano no arranjo com linha simples. Os maiores valores de CTC efetiva foram encontrados na camada inferior do solo, devido ao alto teor de Al e Na. De maneira geral, comprova-se que mais do que a definição de uma dose padrão deve-se sempre ter a aplicação monitorada visando à manutenção dos teores dentro de padrões consolidados pelos boletins de referência de atributos de solo.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, salinização, *Urochoa decumbens*, *Corymbia citriodora*.

¹ Orientadora: Adriane de Andrade Silva – UFU.

ABSTRACT

ROSSINO, ALINI BOSSOLANI. **Changes in soil chemical attributes after two successive applications of swine wastewater.** 2018. 104 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG¹.

Handling swine manure is a major problem faced by swine farmers in confined systems. One of the possible alternatives for final disposal of swine wastewater (ARS) is its use as a fertilizer because its nutrients can be made available to the plants and may partially or totally supplement the mineral fertilization. In this way, the objective of this study was to evaluate the dynamics of the application of ARS in agroforestry systems in different arrangements and in single pasture, observing the changes of its chemical characteristics over two years of application. The systems were conducted at Fazenda Bonsucesso, located in the municipality of Uberlândia, Brazil, in 2015 and 2016. Three experiments were carried out, one with *Urochoa decumbens* pasture single, the other with agroforestry systems with *Corymbia citriodora* in single line and with *Corymbia citriodora* in line both with pasture between the lines of the tree species. Each experiment was implanted individually, and the systems were compared qualitatively in relation to the system and year. The experimental design was a randomized block design with four replications. The treatments were 5 doses of swine wastewater: 0, 200, 400, 600 and 800 m³ ha⁻¹ year⁻¹. The dynamics of variations of soil chemical attributes in the 0.0-0.20 layers were evaluated; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m depth, comparing the three experiments and two successive applications of ARS (2015 and 2016). The successive applications of ARS provided the soil with nutrient increase in the first year of implantation, mainly in the most superficial layer of the soil. The high levels of Na found indicate that the soil initially had a salinity level considered as saline or saline-sodium, and the observed levels could not be attributed to the experimental period alone. The increase of Ca was discrete and can be explained by the low amount of Ca in ARS. There was a decrease in nutrients Na, Mg, K, P, Zn and Cu after the second year of implantation, which shows that the extraction rates were higher than the amount of nutrients applied to the soil by ARS. The pH of the studied soil was practically unchanged with the application of ARS. The values of base sum and cation exchange capacity (CTC) at pH 7.0, mainly in the simple line arrangement, increased with the application of ARS. The values found for Al and saturation by Al are mostly above that suitable for the main agricultural crops, with an increase in the values from the first to the second year in the simple line arrangement. The highest values of effective CEC were found in the lower soil layer, due to the high content of Al and Na. In general, it is verified that more than the definition of standardized doses should always have the application monitored, in order to keep the contents within the standards consolidated by the reference bulletins of the soil attributes.

Keywords: Nutrient cycling, salinization, *Urochoa decumbens*, *Corymbia citriodora*.

¹ Supervisor: Adriane de Andrade Silva – UFU.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso das atividades ligadas ao agronegócio está diretamente relacionado com as tecnologias envolvidas em seu processo de produção. Não se pode considerar somente os aspectos técnicos da produção, mas desenvolver ferramentas de gestão para que os aspectos ambientais e econômicos também sejam contemplados. O Brasil é o quarto maior produtor de suínos no mundo e o sexto maior em consumo da carne de porco. A suinocultura brasileira registrou em 2015 o Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 62,57 bilhões e gerou 126 mil empregos diretos e mais de 900 mil indiretos. O país registrou, ainda, um plantel reprodutivo de mais de 1,7 milhão de matrizes tecnificadas, o abate de 39,3 milhões de animais e uma movimentação de R\$ 149,86 bilhões em toda a cadeia produtiva (ABCS, 2016). A estimativa para 2018 é que a produção cresça 1,63% em relação a 2017, o que representa 49,6 mil toneladas a mais em relação ao estimado para 2017. Os excedentes exportáveis (quantidade de carne disponível para exportação) serão 5,27% superiores em 2018 frente ao ano anterior. Neste contexto, o desafio da suinocultura nacional neste ano será ampliar os destinos da carne brasileira ao mercado externo. (CEPEA, 2018)

Devido a grande produção de suínos no Brasil, as granjas produtoras de suínos geram um grande passivo ambiental que é a produção constante de dejetos de suínos. Manejar e descartar tal resíduo representa atualmente um grande problema enfrentado pelos produtores, visto que o confinamento de suínos se destaca como grande gerador de águas residuárias, em relação à criação com outros animais.

O ciclo completo da criação de suínos gera de 140 a 170 L dia⁻¹ por fêmea no plantel; para o núcleo de produção de leitões, o volume de dejetos por matriz no plantel é de 35 a 40 L dia⁻¹ e na terminação (leitões de 25 a 110 kg animal⁻¹), a produção diária varia de 12 a 15 L suíno⁻¹, para os sistemas que utilizam água para limpeza das baias (MENEZES et al., 2003).

Uma das possíveis alternativas para destinação final desse dejetos é o seu uso como fertilizante, pois os nutrientes nele contidos, após mineralização, são disponibilizados para as plantas. Rezende (2003) afirma que o uso de águas residuárias como forma de fertirrigação, reduz a carga de efluente lançadas nos corpos d'água ou indevidamente nos solos e estabelecem, também, uma fonte adicional de água e nutrientes para os sistemas produtivos, tornando-se uma alternativa economicamente viável por reduzir o uso de adubação mineral (CORAUCCI FILHO et al., 2010). No entanto, as quantidades e as frequências aplicadas ao

solo podem variar com o tipo, a natureza e composição deste resíduo, além disso, as condições climáticas, a espécie vegetal cultivada e a classe de solo também devem ser levadas em conta. Segundo Seganfredo et al., (2003) e Mattias (2006), em muitas propriedades, com suinocultura intensiva, os dejetos são utilizados de forma contínua nas mesmas áreas, normalmente próximas à unidade de produção e, na maioria dos casos, com muita frequência e quantidades excessivas em comparação à capacidade de absorção dos sistemas produtivos.

Já existem trabalhos que demonstram que a aplicação de água residuária de suinocultura gera incremento na produção das culturas usadas, aumento da fertilidade do solo e, também, preocupação com o acúmulo de alguns nutrientes, entre eles o cobre, o zinco e o sódio (SILVA et al., 2015; CARDOSO et al., 2015; SANTOS, 2014). Apesar destes resultados já terem sido observados, poucos são os trabalhos que avaliam a frequência de aplicação ao longo dos anos. Os dejetos produzidos são normalmente aplicados de forma regular nos anos e com o incremento de áreas com sistemas agroflorestais esse sistema não foi testado para aplicação da água residuária. Espera-se que o uso de espécies com elevada extração de nutrientes, em função do seu rápido crescimento como o *Corymbia citriodora* possa representar uma alternativa para a aplicação em relação a aplicação em sistemas de elevada extração como em pastagens solteiras.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) em um sistema agroflorestal e em pastagem solteira e a alteração de suas características ao longo de dois anos de aplicação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A alimentação dos suínos representa grande parte do custo final de sua produção. Em média, apenas 40 a 60% da ração consumida pelos animais é efetivamente convertida em crescimento e aumento de peso, sendo o restante eliminado como dejetos. Em função desse baixo aproveitamento das rações pelos animais, os dejetos de suínos apresentam elevadas concentrações de elementos (KIEHL, 1985).

Diferentes estudos caracterizam quimicamente a água residuária de suinocultura, no entanto, a composição nutricional da ração utilizada e a forma de manejar os animais em cada granja podem mudar, o que gera uma grande heterogeneidade do resíduo produzido. Para o nitrogênio, os valores encontrados oscilam de 442,0 a 3500,0 mg/L. Para os teores de fósforo,

os valores encontrados nas águas residuárias variam de 20,5 a 700,0 mg/L. Para potássio, esses valores estão entre 202,6 a 3600,0 mg/L. Os teores de zinco e cobre variam de 2,4 a 10,1 e de 1,8 a 5,2 mg/L, respectivamente. Os teores de cálcio e magnésio encontrados nas águas residuárias variam de 22,3 a 5400,0 e de 18,9 a 500,0 mg/L, respectivamente. Os teores de sódio oscilam de 200,0 a 396,0 mg/L. Os valores encontrados são referentes às águas residuárias de suinocultura utilizadas em experimentos com gramíneas, TIFTON 85 e XARAÉS, no cultivo de *Brachiaria decumbens* e utilizada em um sistema agroflorestal. Em todos os estudos, a ARS é proveniente de granjas de suínos na fase de terminação (REZENDE, 2013; PEREIRA, 2006; PEREIRA JUNIOR, 2016).

Os dejetos de suínos são resultado da mistura de fezes, urina, água proveniente dos bebedouros e da higienização das baias, restos de rações, poeira e pêlos dos animais (GONÇALVES JUNIOR, 2008).

A ARS contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas e na sanidade dos animais (DIESEL et al., 2002). Dessa forma, sua utilização poderá ser eficaz como biofertilizante desde que realizada de maneira adequada, uma vez que sua aplicação no solo pode causar impactos ambientais positivos e, ou, negativos no sistema solo-planta.

É por isso que, de acordo com os órgãos de fiscalização e proteção ambiental, a suinocultura é considerada como uma atividade de elevado potencial poluidor, devido aos contaminantes, encontrados em grandes quantidades em seus efluentes, cujo descarte acarreta em contaminação e degradação do ar, água e solo (OLIVEIRA, 1993).

Alguns trabalhos demonstram o efeito cumulativo do descarte desse dejetos no solo, alterando suas características, acumulando nutrientes no solo ou a perda destes por escoamento superficial ou lixiviação (BERWANGER, 2006).

Dentre os elementos com maior acúmulo pode-se destacar o P, K, Cu e Zn, em função de suas elevadas concentrações nos dejetos. Ressalta-se, também, a menor mobilidade de alguns elementos no solo, principalmente P, Cu e Zn (CERETTA et al., 2003; SCHERER et al., 2007).

Scherer et al. (2010), trabalhando com os principais solos da região suinícola de Santa Catarina, avaliaram o efeito da aplicação contínua de dejetos de suínos nas propriedades químicas dos solos e constataram que aplicações superiores às necessidades de P das culturas

resultam em acúmulo do nutriente na superfície do solo, sobretudo em áreas com sistema de plantio direto consolidado, em que os dejetos são aplicados na superfície do solo sem incorporação. Em Latossolos, mesmo com expressivo acúmulo de P na camada superficial por mais de 20 anos, a mobilidade do elemento no perfil é baixa, o que pode gerar escoamento superficial. Assim também o K, quando se analisaram sua movimentação ao longo do perfil, após aplicação de dejetos de suínos, notou-se acúmulo do nutriente na superfície do solo e, conseqüentemente, seu decréscimo com o aumento da profundidade, tanto em solos sob cultivo de plantas anuais quanto sob plantas nativas.

Giroto et al. (2010), estimando o acúmulo de Cu e Zn e suas formas em um solo submetido a 17 aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos no solo, durante 78 meses, observaram que o Cu e o Zn são acumulados no solo, principalmente sob as formas biodisponíveis, sendo os maiores teores de Cu encontrados na forma orgânica e mineral do solo, e os do Zn, na forma mineral. Os teores de Cu e Zn aumentaram no solo das camadas superficiais, com migração de Cu até a profundidade de 12 cm e de Zn até 10 cm.

Em relação a lixiviação de nutrientes por meio da aplicação de dejetos, Maggi et al. (2011), avaliando os impactos do percolado em lisímetros de drenagem com a aplicação de diferentes taxas de água residuária de suinocultura durante o ciclo da cultura da soja observaram que as concentrações de cálcio no lixiviado aumentaram proporcionalmente ao aumento das taxas de ARS, comprovando que os resíduos orgânicos aumentam a lixiviação. Tal fato pode ser explicado porque a água residuária pode ocasionar elevação do pH, que favorecerá a mineralização, aumentará a liberação de CO₂ e, conseqüentemente, a lixiviação de Ca(HCO₃)₂ com a água.

Aita e Giacomini (2008), avaliando o acúmulo e o deslocamento de N-NO₃⁻ no solo após a aplicação anual, durante três anos, de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto verificaram que as quantidades de N-NO₃⁻ e a sua percolação no solo aumentaram rapidamente após a aplicação dos dejetos, principalmente na dose de 80 m³ ha⁻¹.

Basso et al. (2005), avaliando a percolação de nitrogênio e fósforo em área submetida a aplicações sistemáticas de dejetos líquidos de suínos observaram que, quando se compara as perdas de nitrogênio mineral por percolação, com as ocorridas por escoamento superficial, o principal caminho de perdas de nitrogênio e fósforo é o escoamento superficial, com destaque para o fósforo.

Os dejetos de suínos são considerados resíduos pois segundo a NBR 10.004 de 2004, resíduos são materiais “nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004a).

Dentre as formas de descarte desses resíduos, alguns, por possuírem alto valor fertilizante, são aplicados no solo e utilizados na agricultura. Sua viabilidade agrícola está relacionada com a presença de teores de C, de N e de outros nutrientes em sua composição, além da capacidade de neutralização da acidez que muitos apresentam. Com o aumento nos teores de carbono orgânico e de alguns nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, têm-se melhorias nos atributos químicos e físicos do solo, gerando, também, incrementos na produtividade das culturas. No entanto, o aumento dos teores de nutrientes, muitas vezes vem acompanhado do acréscimo de elementos como Na, comum em resíduos industriais e águas residuárias, e metais pesados como Cd, Cr, Ni, Pb, comuns em lodo de esgoto (GUIMARÃES, 2009).

A disposição dos resíduos orgânicos em solos agrícolas é econômica, social e ambientalmente mais sustentável do que a incineração e a disposição em lixões ou corpos d'água, desde que tal ação seja feita de maneira adequada e em conformidade com a legislação (GUIMARÃES, 2009).

A água residuária de suinocultura é uma excelente fonte de nutrientes, (ADELI; VARCO, 2001; ECHBERG, 2003; MENEZES et al., 2003) que, quando manejados corretamente, podem suprir parcial ou totalmente a adubação química. Além de serem fonte de nutrientes, o seu uso melhora as características químicas, físicas e microbiológicas do solo (KRUGER et al., 1995) e então, são considerados insumos de baixo custo e de alto e direto retorno econômico para a atividade agrícola.

De acordo com Berwanger (2008), os dejetos “podem ser considerados fertilizantes não balanceados, pois é praticamente impossível ajustar as diferenças entre as necessidades das plantas (quantitativa e temporalmente) e a oferta dos nutrientes pelo solo, ar e água. Mesmo que esse não-balanceamento possa ser minimizado com o uso de fertilizantes industriais ou

com a rotação de culturas, há excesso daqueles, cuja disponibilidade via solo já é suficiente para alta produtividade, como é o caso do zinco e cobre. Numa visão mais realista, os dejetos são considerados um problema ambiental, motivo pelo qual devem ser armazenados, tratados e descartados adequadamente”.

No Brasil, a maneira mais comum de manejo de dejetos é por meio do armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004a). As esterqueiras e lagoas necessitam de correto dimensionamento e operação e são uma opção de baixo custo para produtores que possuem áreas de cultivo suficientes, onde esses resíduos possam atuar como fertilizantes orgânicos. As recomendações agrônômicas para essa prática devem ser acatadas, levando em consideração o balanço de nutrientes, fundamental para orientar na tomada de decisão e mitigar os impactos ambientais (SEGANFREDO, 1999).

A aplicação de água residuária de suinocultura é capaz de alterar as propriedades físicas e as características químicas e biológicas do solo, permitindo seu bom emprego na agricultura como fonte de nutrientes e elementos benéficos ao desenvolvimento e crescimento de plantas (SCHERER et al., 2007). De acordo com Ernani (1981) e Cassol (1999), as mudanças nos atributos químicos do solo provocadas pela aplicação de dejetos suínos estão associadas principalmente ao valor fertilizante dos nutrientes presentes, notadamente N, P e K. No entanto, muitos outros benefícios podem ser atingidos com a aplicação de água residuária de suinocultura, tais como a elevação no pH, e diminuição do Al (GIANELLO; ERNANI, 1983) e aumento no teor de matéria orgânica, que influencia na densidade e porosidade, na capacidade de troca de cátions do solo (CASSOL, 1999), no aumento do poder tampão, na formação de compostos orgânicos (quelatos) e evidentemente, como forma de nutrientes para solos e plantas.

O nitrogênio (N) é um dos principais constituintes da água residuária de suinocultura. Cerca de 50% desse N está na forma mineral (BARCELLOS, 1992) e ao ser aplicado ao solo tem efeito direto no crescimento das plantas. Por sua vez, o escoamento superficial e a lixiviação no solo podem contaminar mananciais de água com nitrato, sendo este um dos principais problemas de contaminação das águas de subsuperfície em regiões com intensa criação de animais. Já o potássio (K) se encontra nos dejetos na forma mineral, solúvel e, portanto, seu efeito residual é muito pequeno. Plantas com alta taxa de absorção de K diminuem suas perdas potenciais no sistema.

Aproximadamente 2/3 do fósforo (P) presente na água residuária de suinocultura está sob a forma não solúvel em água, fazendo parte de estruturas orgânicas (BARCELLOS, 1992), as quais propiciam efeito residual ao dejetos. Aplicações sucessivas de ARS podem causar acúmulo de P no solo (PRATT, 1979) e, com o tempo, reduzir a capacidade de sua adsorção. Sua maior presença na camada mais subsuperficial do solo é indesejável, pois beneficia as perdas por escoamento superficial que, junto com o P que se movimenta no perfil do solo, podem causar eutrofização da água, conforme Giusquiani et al. (1998) relataram. Tal fato ficou demonstrado por Hountin et al. (2000), que observaram incrementos de 16, 26, 33 e 50% em todas as formas de P até a profundidade de 1 m após aplicação de 30, 60, 90 e 120 m³ ha⁻¹ de água residuária de suinocultura, respectivamente. Por isso, o monitoramento das perdas de nitrato e P por percolação é importante para a utilização racional desse resíduo visando minimizar a contaminação das águas (MOREIRA et al., 2004).

Outro elemento de grande preocupação com a aplicação de ARS é o sódio, pois o mesmo pode ocupar partes importantes da CTC do solo, reduzindo, assim, a absorção de outras bases importantes para as plantas, como o K, por exemplo. Assim, o Na e outras formas de salinidade são os nutrientes mais persistentes na água residuária e cuja remoção é muito complexa. A salinidade da água residuária de suinocultura pode impactar tanto o solo, quanto influenciar o crescimento de 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).

Para que a disposição de dejetos líquidos no solo não traga riscos de salinização e contaminação ambiental, faz-se necessário o conhecimento da capacidade de suporte de cada sistema solo-planta para que se possa estabelecer a taxa de aplicação mais adequada, de forma a proteger a integridade dos recursos naturais. Caso isso não seja possível, há necessidade de tratar os dejetos adequadamente, de maneira que não ofereçam riscos de poluição quando retornarem à natureza.

Além dos riscos de salinização, espera-se, ao longo dos anos, o acúmulo excessivo de elementos-traço como o Cu e o Zn no solo, devido à alta concentração desses elementos nos dejetos (L'HERROUX et al., 1997; GRÄBER et al., 2005). Dessa forma, a concentração total de elementos-traço no solo também é um indicador limitante em relação à disposição de ARS no solo (FENG et al., 2005; ALVAREZ et al., 2006).

A qualidade dos atributos químicos permite, portanto, melhores condições para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a conservação da diversidade de organismos que habitam o solo. A presença de nutrientes e o manejo adequado do solo são aspectos fundamentais que permitem a melhoria da qualidade dos solos.

Apesar do grande potencial de carga de nutrientes dos dejetos e da sua capacidade de incorporação direta no solo, os dejetos podem contaminar ou poluir o sistema de produção quando utilizados em dosagens muito altas (DIESEL et al., 2002).

Pereira Junior (2016), trabalhando com a aplicação de água residuária de suinocultura em um sistema agroflorestal, observou que o dejetos de 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 água residuária de suinocultura, já que alguns níveis podem exceder os recomendados no solo.

Ceretta et al. (2003), em estudo sobre a aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural, observaram que as características químicas do solo foram afetadas pela aplicação dos dejetos durante quatro anos e que o ambiente para o crescimento das plantas pode ser melhorado com o uso da água residuária pela diminuição na saturação de alumínio.

Outra consequência das aplicações de água residuária de suinocultura, ao longo do tempo, é o aumento do teor de carbono orgânico total do solo (C total) (ADELI et al., 2008; LOU et al., 2011; LOURENZI et al., 2011; MELLEK et al., 2010). Além disso, os dejetos possuem nutrientes em sua composição e, por isso, quando aplicados no solo podem melhorar a produção de biomassa de culturas, promovendo o aumento de C em solos (KOGA; TSUJI, 2009), bem como promovendo o acúmulo de fósforo em frações predominante lábeis no solo, e representa risco potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais. (CERETTA et al., 2010), aumentando, também os teores de K, Ca e Mg trocáveis no solo e elevando o pH (LOURENZI et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012).

No entanto, a lixiviação de N e a elevada concentração de P na camada mais superficial do solo adubado com o dejetos líquido de suínos mostram que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água. (CERETTA et al., 2003).

Embora a aplicação de água residuária de suinocultura contribua para melhorias nos

atributos químicos do solo, que são benéficos para o desenvolvimento e produtividade das culturas, essas aplicações sucessivas podem causar aumentos excessivos nos teores de nutrientes no solo, acima do que é demandado pelas plantas e o que é adsorvido pelo solo (BERWANGER et al., 2008).

A aplicação de dejetos de suínos como forma de nutrição de plantas, apesar de apresentar bons resultados as culturas (ADELI et al., 2003; CERETTA et al., 2005; DURIGON et al., 2002) e para os atributos químicos do solo (ADELI et al., 2008; LOURENZI et al., 2011; LOURENZI et al., 2013; SCHRER et al., 2010), também pode favorecer o acúmulo no solo e a transferência de elementos, como o N, P, Cu e Zn, para mananciais de água, provocando a eutrofização e deterioração de rios e lagos (WANG et al., 2013).

Entre os cultivos que mais se observa a aplicação de dejetos de suínos estão as pastagens, mas, entre os sistemas sustentáveis de produção, os sistemas agroflorestais têm se destacado como alternativa para melhoria de área com pastagens degradadas entre outros benefícios.

Os sistemas agroflorestais têm como principal fundamento o consórcio entre espécies arbóreas, culturas agrícolas e animais em sucessão ou rotacionados, de modo a diminuir os riscos de degradação ambiental associados à atividade agrícola, bem como reduzir as limitações do terreno, aumentando a produtividade, uma vez que a perda de fertilidade e o combate às pragas tornam-se menores (EMBRAPA, 2004).

As agroflorestas utilizam-se de culturas agrícolas, espécies arbóreas e animais manejados de forma a copiar ao máximo a arquitetura das formações naturais, levando em consideração o melhor aproveitamento da radiação, da umidade e de nutrientes (NARDELE; CONDE, 2011).

Dentre os inúmeros benefícios desse sistema se destaca a conservação e melhoria do solo e da água; o aumento de renda, pois, na maioria das vezes, há a exploração e venda da madeira e, por vezes, dos frutos das espécies arbóreas utilizadas; a diversificação dos sistemas de produção; a eficiência no uso de insumos, mão de obra e dos recursos; a adequação ambiental; a intensificação do uso da terra; a recuperação de áreas degradadas; a quebra no ciclo de pragas e doenças (BARCELLOS et al., 2011) e o aumento nas concentrações de carbono orgânico no solo ao longo do tempo, em razão do crescimento contínuo de plantas na área, da rotação de culturas, do incremento na matéria vegetal produzida e da maior ciclagem

de nutrientes (TRACY; ZHANG, 2008). A combinação desses fatores encaixa as agroflorestas no modelo de agricultura sustentável (CIF, 2008).

Há quatro tipos de sistemas agroflorestais: Sistema agropastoril, que combina os componentes lavoura e pecuária em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo período de tempo; Sistema agrossilvipastoril, que integram os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área; Sistema silvipastoril, que combinam pecuária e floresta em consórcio e Sistema silviagrícola, que integra os componentes floresta e lavoura, através do consórcio entre espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes) (BARCELLOS et al., 2011).

Os sistemas agroflorestais estão sendo vistos como uma alternativa promissora para as propriedades rurais dos países em desenvolvimento, quanto aos problemas de baixa produtividade, de escassez de alimentos e da degradação ambiental generalizada (ALMEIDA et al., 1995; SANTOS, 2000).

Dentro do sistema agroflorestal, a escolha pela utilização do gênero *Corymbia* foi atribuída ao fato do mesmo ser versátil e os produtos obtidos da sua extração terem diversas finalidades, tais como madeira para carvão, celulose e papel, indústria moveleira, extração de óleos essenciais, mourões de cerca, dormentes, postes, dentre outras (MORA; GARCIA, 2000).

Trabalhando com a aplicação de água residuária de suinocultura para a produção de mudas de *Corymbia* em Santa Tereza do Oeste- PR, Pelissari et al. (2009) relataram que a fertirrigação com a ARS pode antecipar a produção de mudas de *Corymbia* de 90 dias para 60 dias, aproximadamente. Outras águas residuárias também apresentaram bons resultados quando utilizadas no setor florestal, tais como a aplicação no solo do efluente tratado de fábrica de celulose *kraft* branqueada para a fertirrigação de eucalipto (REZENDE, 2003), e a utilização da água residuária proveniente de um sistema biológico de tratamento de esgotos domésticos a ser aplicada em viveiros para produção de *Corymbia grandis* (AUGUSTO et al., 2007).

Já as pastagens apresentam grande importância para a produção de bovinos, uma vez que constituem a base para sua alimentação. As forrageiras do gênero *Urochloa* desempenham papel fundamental na produção de carne e leite, uma vez que permitem o desenvolvimento da pecuária em solos ácidos e fracos, encontrados principalmente nos Cerrados, e também, por criarem novos polos de desenvolvimento, devido a uma indústria de produção de sementes

forte, que coloca o Brasil como o maior exportador desse insumo para o mundo tropical (VALLE et al., 2000). No entanto, cerca de 80% das pastagens exibem algum estágio de degradação (BARCELLOS et al., 2011).

O uso de dejetos na agricultura apresenta efeitos diretos e indiretos na produção das culturas, até mesmo das forrageiras utilizadas em pastagens. Os efeitos diretos são principalmente o aumento na produção e avanço na composição bromatológica da gramínea, podendo variar de acordo com a quantidade de nutrientes presentes na água residuária e a quantidade de fertilizantes minerais que pode ser substituído pela aplicação dos dejetos. Dentre os efeitos indiretos destaca-se sua melhoria nos atributos químicos, físicos do solo, bem como da atividade microbiana e enzimática (SCHERER et al., 1996).

O uso sistemático de água residuária de suinocultura representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, e eleva principalmente os teores de P, Ca e Mg em áreas sob pastagem natural. (CERETTA, 2003).

O seu uso como fertilizante tem sido demonstrado, normalmente, em culturas anuais, mas sua aplicação em pastagens perenes tem se mostrado uma alternativa de maximização do seu uso (VIELMO, 2008).

Em seus estudos, Medeiros et al. (2007) avaliaram as características bromatológicas do capim Marandu fertirrigado com dejetos líquidos de suínos e encontraram que os resultados mais satisfatórios foram obtidos com aplicação de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos, verificando, ainda que os dejetos líquidos de suínos podem substituir a adubação química de forma satisfatória, uma vez que, em comparação à adubação química, os resultados foram melhores ou semelhantes para produção e qualidade do capim-marandu com os dejetos.

Barnabé et al. (2007), trabalhando com dejetos líquidos de suínos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu observaram que a produção de matéria seca aumentou com a aplicação do dejetos na dose de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e a composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu melhorou, podendo haver substituição da adubação química normalmente recomendada pela aplicação com dejetos líquidos de suínos. A dose de 100 m^3 teve produção semelhante à da adubação química.

Silva et al. (2015) afirmaram que o uso de dejetos suíno como fertilizante em pastagem de *Brachiaria decumbens* gerou aumentos de até 175% na produção de matéria seca pelas

plantas em relação ao controle, que não recebeu adubação, e de até 60% em relação às plantas submetidas à adubação mineral.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ASPECTOS GERAIS

Os estudos foram conduzidos na Fazenda Bonsucesso, localizada no município de Uberlândia, na rodovia Campo Florido (MGC-455) Km 20, situada a 19°05'17"S de latitude e 48°22'00"W de longitude, com altitude média de 820 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como sendo do tipo 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.

FIGURA 1. Localização da área experimental (●) na Fazenda Bonsucesso (19°05'17"S 48°22'00"W), em Uberlândia, Minas Gerais. Fonte: Google Earth, 2018.



O sistema agroflorestral foi conduzido, sob uma área de Cerrado, originalmente estabelecida com pastagem de *Urochoa decumbens*, manejado com bovinos destinados ao sistema de corte de forma extensiva com sinais de degradação. O solo da área foi classificado de acordo com EMBRAPA, 2013, como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, com horizonte A moderado e textura arenosa.

A implantação do sistema agroflorestral se iniciou no mês de março de 2014, com a escolha e delimitação da área, com a construção de uma cerca de arame liso de 350 m de

coprimento.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química (Tabelas 1 e 2) e física (Tabela 2) da área, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm (EMBRAPA, 2009). De posse dos resultados foi detectado a não necessidade da correção da acidez do solo, conforme Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização química do solo da área experimental, Uberlândia-MG, 2014.

Prof. cm	pH H ₂ O	P -- mg dm ⁻³ --	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	SB	T	V	m	M.O.
				----- cmol _c dm ⁻³ -----						--- % ---		g kg ⁻¹
00-20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	17
20-40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	7
40-60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	8

Prof = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); P disponível (extrator Mehlich⁻¹); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009). M.O. = Método Colorimétrico.

TABELA 2. Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Uberlândia MG, 2014.

Prof. cm	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila
	----- mg dm ⁻³ -----					--- g kg ⁻¹ ---
00-20	0,11	0,8	36	3,6	1,2	114
20-40	0,07	0,8	23	1,8	0,5	152
40-60	0,07	0,6	16	1,4	0,1	157

B = (BaCl₂.2H₂O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,01 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7.3). Argila: Método da pipeta (EMBRAPA, 2009).

Dois meses antes do plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado o controle de formigas da área experimental e cerca de 200 m nas áreas adjacentes.

O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014 nos dois sistemas implantados (linha simples e linhas duplas). O sulcamento da linha de plantio foi realizado com sulcador a uma profundidade de 40 cm. A adubação de plantio e cobertura para o eucalipto 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

super 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.

Foram implantados três arranjos experimentais:

1º Experimento: Pastagem de *Urochoa decumbens* solteira. As parcelas são de 4 metros de comprimento por 4 metros de largura, com uma área de 16 m².

2º Experimento: Sistema agroflorestal (*Corymbia citriodora* em linha simples + *Urochoa decumbens*). O plantio de *Corymbia citriodora* foi realizado em linhas simples, com espaçamento de 2 metros entre plantas e 15 metros entre as linhas de *Corymbia citriodora*. Na entrelinha do *Corymbia citriodora* manteve-se a pastagem de *Urochoa decumbens*.

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.

3º Experimento: Sistema agroflorestal (*Corymbia citriodora* em linha dupla + *Urochoa decumbens*). O plantio do *Corymbia citriodora* foi realizado em linhas dupla, com espaçamento de 2 metros entre plantas na linha + 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas de *Corymbia citriodora*. Na entrelinha do *Corymbia citriodora* manteve-se a pastagem de *Urochoa decumbens*.

As parcelas são de 10 metros de comprimento (5 plantas em cada linha simples) por 6 metros de largura (totalizando 10 plantas por parcela), com uma área de 60 m², onde estão sendo aplicados os tratamentos.

Cada experimento foi implantado individualmente, formando três diferentes sistemas de produção de forrageira, dois em SAF³ e um com a forrageira solteira. O delineamento estatístico utilizado para cada experimento é de blocos casualizados com 4 repetições. 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 vezes, nos meses de junho, julho e agosto (no período de seca) e dezembro, janeiro e fevereiro (no período chuvoso), procedimento realizado durante os dois anos em que o experimento foi analisado.

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, com tempo de retenção de aproximadamente 20 dias e lagoa de armazenamento. Após esse período, a ARS foi aplicada nas áreas dos experimentos.

A ARS foi coletada para a caracterização da sua composição química. Na tabela 3 tem-se a média das coletas.

TABELA 3. Caracterização química da água residuária de suinocultura, Uberlândia-MG, 2015

Determinação	Unidade	Média das coletas
Índice ph	pH	7,27
Densidade	%	1
Matéria orgânica	%	0,74
Carbono orgânico	%	0,41
Nitrogênio (N) total	%	0,32
Relação carbono / nitrogênio	%	1,56
Fósforo (P ₂ O ₅) total	%	0,07
Potássio (K ₂ O) sol. em água	%	0,3
Cálcio (Ca)	%	0,6
Magnésio (Mg)	%	0,07
Sódio (Na)	mg/L	400
Boro (B)	mg/L	0,12
Cobre (Cu)	mg/L	8,7
Ferro (Fe)	mg/L	13,6
Níquel (Ni)	mg/L	ns
Manganês (Mn)	mg/L	13
Zinco (Zn)	mg/L	6,3

A água residuária de suinocultura (ARS) foi aplicada na linha de plantio do *Corymbia citriodora* e as amostras de solo foram coletadas na linha de plantio, utilizando-se de um trado do tipo sonda. Foram coletadas cinco sub-amostras de material de solo para compor uma amostra composta representativa da parcela.

As amostras de solos foram coletadas nas profundidades de 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m e foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48 h, sendo caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), em seguida, foram trituradas com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas.

3.2 ANÁLISES QUÍMICAS

Para a avaliação dos atributos químicos do solo, foram determinados nas amostras de solo: pH em H₂O, alumínio (Al³⁺), fósforo (P-melich), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), cobre (Cu) e zinco (Zn), sódio (Na), matéria orgânica, e posteriormente, calculadas a soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m) (EMBRAPA, 2011).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados, previamente foram realizados os testes de aditividade, normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, com 10% de significância ($p > 0,01$). Não havendo restrição às pressuposições, foi feita a análise de variância, utilizando o programa estatístico Action - 2016.

Utilizou-se a análise conjunta dos dados para a comparação dos sistemas estudados. Dessa forma, examinou-se os quadrados médios residuais das análises individuais, para verificar se eles são homogêneos, isto é, se estavam numa relação máxima de 7:1 (BANZATTO; KRONKA, 2006). Havendo homogeneidade, foi feita a análise conjunta por meio o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2000).

Comparou-se os dois anos em que o experimento foi avaliado, os três diferentes arranjos (linhas simples e duplas de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira), as cinco diferentes doses de ARS aplicadas ao solo (0, 200, 400, 600 e 800 m³ha⁻¹) nas três diferentes profundidades analisadas (0,0-0,20m; 0,20-0,40m; 0,40-0,60m). Apesar da heterogeneidade dos arranjos e as diferenças entre os dois anos de estudo, tal análise objetivou um estudo qualitativo, onde se deseja compreender e interpretar comportamentos e expectativas (ano e arranjo). É, portanto, uma análise exploratória que visa indicar o caminho para a tomada de decisão correta a respeito da situação-problema abordada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sódio (Na)

Profundidade 0,0-0,20 m

Na Tabela 4, tem-se que, para a média dos valores sódio na profundidade de 0,0 a 0,20 m, os três experimentos não apresentaram diferenças, sendo a linha simples e a linhas dupla de *C. citriodora*, bem como a *U. decumbens* solteira iguais para essa variável. Apenas na dose que não recebeu ARS ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), o experimento com linha simples apresentou o menor valor para Na e diferiu dos demais arranjos. Ainda, em relação à linha simples de *C. citriodora*, as maiores doses (600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) resultaram em teores de Na mais altos que as demais doses aplicadas.

Para avaliar a salinidade do solo utilizou-se os parâmetros pH, condutividade elétrica (CE) e percentagem de sódio trocável (PST). No entanto, como a análise de condutividade elétrica não foi feita, utiliza-se o parâmetro PST para conhecimento dos níveis adequados de Na no solo. PST refere-se à relação de Na trocável e CTC potencial (T), em porcentagem, e níveis acima de 15% indicam uma preocupação quanto à salinidade do solo. Fazendo uma média dos valores de PST para cada experimento, tem-se 18,9; 16,3 e 21,9% para os experimentos com linhas simples, duplas e pastagem solteira, respectivamente. $\text{PST} > 15\%$ e $\text{pH} < 8,5$ indicam que o solo apresenta um nível de salinidade considerado salino ou salino-sódico, a depender do valor encontrado para a condutividade elétrica, segundo Embrapa (2015), o que demonstra que os teores de Na trocável estão acima do adequado para o solo.

TABELA 4. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Na		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	0,28 Bb	0,87 Aa	1,33 Aa
200	0,61 Ba	0,96 Aa	1,11 Aa
400	0,90 Ba	0,95 Aa	1,02 Aa
600	1,08 Aa	1,07 Aa	0,72 Aa
800	0,99 Aa	0,87 Aa	1,07 Aa
Médias	0,77 a	0,94 a	1,05 a
CV (%)	57,71		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando o comportamento do Na nos dois anos do estudo separadamente (Tabela 5), observa-se que os experimentos foram iguais, ou seja, a média dos valores de Na não diferiram entre os experimentos. Ainda, para a linha simples de *C. citriodora*, nas doses de 400, 600 e 800 $m^3 ha^{-1}$, o primeiro ano apresentou teores maiores de Na, em comparação com o segundo ano (2016). O mesmo também pode ser observado em relação às linhas duplas de *C. citriodora*, que, com exceção da dose de 800 $m^3 ha^{-1}$, os valores foram maiores para o Na no primeiro ano (2015), em relação aos que foram encontrados no segundo ano, indicando que houve extração desse elemento pelas plantas no segundo ano de avaliação.

TABELA 5. Médias dos valores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0-0,20m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Na					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	0,31 Ab	1,49 Aa	1,76 Aa	0,25 Aa	0,26 Ba	0,90 Ba
200	0,85 Ab	1,50 Aa	1,72 Aa	0,38 Aa	0,41 Ba	0,51 Ba
400	1,29 Aa	1,38 Aa	1,36 Aa	0,51 Ba	0,52 Ba	0,67 Aa
600	1,67 Aa	1,65 Aa	0,90 Ab	0,48 Ba	0,48 Ba	0,54 Aa
800	1,50 Aa	1,25 Aa	1,61 Aa	0,48 Ba	0,49 Aa	0,53 Ba
Médias	1,13 a	1,45 a	1,47 a	0,42 a	0,43 a	0,63 a
CV (%)	57,71					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao se analisar a tabela 6, nota-se que a média dos teores de Na, a exemplo da superfície, também não apresentou diferenças quando se comparou os três diferentes experimentos, apenas na dose sem ARS ($0 m^3 ha^{-1}$) do experimento com linha simples, o teor de Na igual a $0,24 cmol_c dm^{-3}$, apresentou-se menor em relação aos obtidos no experimento com linhas duplas e pastagem solteira. No entanto, analisando as diferentes doses de ARS aplicadas ao solo, se observa que, para a linha simples de *C. citriodora*, as maiores doses (600 e $800 m^3 ha^{-1}$) apresentaram valores mais altos para o Na e iguais a $1,02$ e $0,83 cmol_c dm^{-3}$, respectivamente. Os demais arranjos não apresentaram diferenças entre as doses de ARS.

Os valores de PST estimados para a profundidade de 0,20-0,40m, para as médias dos três experimentos foram de 18,6; 14,7 e 17,5% para os experimentos com linhas simples e duplas e pastagem solteira, respectivamente. Apesar de tais valores serem menores aos obtidos na camada superficial (0,0-0,20m), apenas para o experimento com linhas duplas o valor de 14,7% poderia ser considerado como normal (PST<15%), caso a CE fosse menor que $4 (dS m^{-1})$, demonstrando que apesar de menores, os teores de Na continuam acima do adequado para o solo.

TABELA 6. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,2-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Na		
	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$		
0	0,24 Bb	0,78 Aa	0,61 Aa
200	0,43 Ba	0,68 Aa	0,85 Aa
400	0,80 Ba	0,81 Aa	0,67 Aa
600	1,02 Aa	1,01 Aa	0,59 Aa
800	0,83 Aa	0,67 Aa	0,69 Aa
Médias	0,66 a	0,79 a	0,68 a
CV (%)	62,60		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

De acordo com a Tabela 7, em que se observa os dois anos do experimento de forma separada, nota-se que, no primeiro ano (2015), a média dos valores de Na para o arranjo em linhas duplas de *C. citriodora*, apresentou-se maior e diferente dos demais arranjos. Já no segundo ano, os três experimentos se mostraram iguais. No entanto, avaliando as diferentes doses de ARS aplicadas ao solo, é possível notar que os valores de Na nas doses de 400, 600 e 800 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ na linha simples de *C. citriodora* (1,16; 1,54; 1,22 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) diferiram estatisticamente dos teores de Na do segundo ano (0,43; 0,49; 0,45 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Para as linhas duplas de *C. citriodora*, os teores médios de Na em todas as doses de ARS do primeiro ano foram diferentes e maiores que os valores do segundo ano (2016).

TABELA 7. Médias dos valores de sódio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,2-0,40m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Na					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	0,26 Ab	1,32 Aa	0,86 Aa	0,21 Aa	0,23 Ba	0,37 Aa
200	0,52 Ab	1,11 Aa	1,23 Aa	0,34 Aa	0,25 Ba	0,48 Ba
400	1,16 Aa	1,32 Aa	0,86 Aa	0,43 Ba	0,30 Ba	0,49 Aa
600	1,54 Aa	1,56 Aa	0,69 Aa	0,49 Ba	0,45 Ba	0,49 Aa
800	1,22 Aa	1,01 Aa	0,82 Aa	0,45 Ba	0,34 Ba	0,56 Aa
Médias	0,94 b	1,27 a	0,89 b	0,39 a	0,31 a	0,48 a
CV (%)	62,60					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Para a profundidade de 0,40-0,60m, as médias obtidas para a variável Na não atenderam ao pressuposto da análise de variância ou da análise conjunta e, por isso, não foram apresentadas.

De forma geral, a aplicação de ARS promoveu ao solo aumento nos teores de Na para o experimento com linha simples, tendo, os demais experimentos, não variado com a aplicação de diferentes doses de ARS aplicadas ao solo. Apesar da área estudada nunca ter recebido a aplicação de ARS, os valores para Na encontrados nas doses testemunhas foram altos. Uma possível explicação seria a proximidade da granja de suínos e, conseqüentemente, dos seus dejetos, com a área de estudo, onde possíveis vazamentos poderiam contaminar a área.

Na profundidade de 0,0-0,20m, o experimento com linha simples promoveu um aumento de 254%, entre a dose testemunha ($0 m^3 ha^{-1}$) e a que recebeu a maior quantidade de ARS ($800 m^3 ha^{-1}$) (Tabela 4). Os maiores valores de Na foram encontrados na camada mais superficial, diminuindo seu teor com o avanço da profundidade. Além disso, os maiores teores de Na foram observados no primeiro ano do experimento, indicando que pode ter havido o consumo deste elemento pela planta após a aplicação.

De acordo com Queiroz et al. (2004), o nutriente Na, proveniente da aplicação de esterco líquido de suínos, acumulou no solo, na profundidade de 0–0,20m, sendo recomendável um

monitoramento das características químicas do solo e das águas subterrâneas para que se avaliem riscos de contaminação ambiental.

Homem et al. (2014) também verificaram que a concentração de Na, bem como o índice de saturação por sódio (ISNa) aumentaram com as sucessivas aplicações da ARS no solo em ambas as camadas (0,0-0,20 e 0,20-0,40 m).

Bernardes (2017), avaliando a aplicação de ARS em linha simples e duplas de *C. citriodora*, verificou um aumento na concentração de Na no solo nos plantios em linhas simples e duplas, à medida que se aumentaram as doses de ARS.

Pereira Junior (2016), avaliando a aplicação de ARS em *C. citriodora*, em dois pontos de monitoramento (linha de plantio e projeção da copa), observou incrementos significativos de Na com a aplicação de ARS, demonstrando, assim, a grande importância do monitoramento dos teores de sódio. Os incrementos foram de 1.022%, entre a dose sem aplicação de ARS (testemunha) e a maior dose (800 m³ ha⁻¹), na projeção da copa e de 1.318% para a mesma comparação, na linha de plantio.

4.2 Cálcio (Ca)

Profundidade de 0,40-0,60 m

A variável Ca só atendeu às pressuposições da análise de variância ou da análise conjunta para a profundidade de 0,40 a 0,60 m e, mesmo assim, os valores precisaram ser transformados para logaritmo para atingir tais pressupostos.

Na Tabela 8, é possível observar que nos três experimentos houve diferença para os teores de Ca. Os valores encontrados são tidos como ‘baixos’ para os experimentos com linha simples e pastagem solteira (0,56 e 0,34 cmol_c dm⁻³, respectivamente) e considerado ‘mediano’ para o valor encontrado no experimento com linhas duplas (1,74 cmol_c dm⁻³) (CFSEMG, 1999).

TABELA 8. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cálcio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Ca		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	0,50 Ab	1,82 Aa	0,32 Ab
200	0,51 Ab	2,04 Aa	0,33 Ab
400	0,55 Ab	1,41 Ba	0,40 Ab
600	0,56 Ab	1,29 Ba	0,32 Ac
800	0,71 Ab	2,29 Aa	0,40 Ac
Médias	0,56 b	1,74 a	0,34 c
CV (%)	123,73		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Ca para atender aos pressupostos da análise de variância.

Já na Tabela 9, em que se analisa de forma separada os dois anos do estudo, para as médias dos valores de cálcio no solo observa-se que no ano 1, os três experimentos mostraram-se diferentes, estatisticamente, sendo $LD > LS > US$. No ano 2, no entanto, o experimento em linhas duplas de *C. citriodora* diferiu dos demais experimentos, para a variável Ca, apresentando uma média maior ($2,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) que os outros dois experimentos, que se mostraram iguais estatisticamente, valor este considerado adequado para Mg no solo, de acordo com os níveis de fertilidade do solo sugeridos pela 5ª aproximação (entre $2,41$ e $4,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

TABELA 9. Médias dos valores de cálcio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,4-0,60m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Ca					
	cmol _c dm ⁻³					
0	0,52 Aa	1,20 Ba	0,24 Aa	0,49 Aa	2,69 Aa	0,42 Aa
200	0,55 Aa	1,58 Aa	0,25 Aa	0,47 Aa	2,63 Aa	0,45 Aa
400	0,68 Aa	0,78 Bb	0,32 Aa	0,45 Aa	2,57 Aa	0,50 Aa
600	0,71 Aa	0,66 Bb	0,22 Ba	0,45 Aa	2,57 Aa	0,45 Aa
800	0,89 Aa	1,99 Aa	0,27 Aa	0,54 Aa	2,63 Aa	0,46 Aa
Médias	0,66 b	1,15 a	0,26 c	0,48 b	2,63 a	0,45 b
CV (%)	123,73					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se a comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Ca para atender aos pressupostos da análise de variância.

Os percentuais de acréscimo de Ca, da menor para a maior dose de ARS aplicada, para os três experimentos foram de 42%, para o experimento com linha simples, e 25% para os experimentos com linhas duplas e pastagem solteira. Tais aumentos foram discretos e podem ser explicados pela pouca quantidade de Ca contida na ARS (MENDONÇA; ROWELL, 1994), principalmente quando se utiliza lagoa de armazenamento, onde o Ca pode vir a precipitar e ficar concentrado no fundo do tanque. Ceretta et al. (2003), avaliando as alterações provocadas pelo uso de esterco líquido de suínos sob pastagem natural encontraram um acréscimo pequeno nos teores de Ca no solo, iguais a 36% e 40% nas doses de 20 e 40 m³ ha⁻¹, respectivamente para a camada de 2,5-5,0 cm.

4.3 Magnésio (Mg)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Para a variável Mg, em relação a Tabela 10, pode-se observar que, ao se comparar os três experimentos, o arranjo em linhas duplas de *C. citriodora*, mostrou-se diferente dos demais experimentos, apresentando um teor médio de Mg igual a 0,35 cmol_c dm⁻³, valor este maior em relação as médias encontradas na LS (0,28 cmol_c dm⁻³) e na US (0,29 cmol_c dm⁻³). Em relação à aplicação de diferentes doses de ARS ao solo, no experimento em linha duplas de *C.*

citriodora, as doses de 400 e 600 m³ ha⁻¹, apresentaram resultados menos satisfatórios para o Mg (0,27 e 0,29 cmol_c dm⁻³, respectivamente), em comparação com os valores obtidos nas demais doses.

TABELA 10. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Mg cmol _c dm ⁻³		
0	0,22 Ab	0,45 Aa	0,30 Ab
200	0,21 Ab	0,37 Aa	0,29 Ab
400	0,34 Aa	0,27 Ba	0,30 Aa
600	0,34 Aa	0,29 Ba	0,24 Aa
800	0,31 Aa	0,39 Aa	0,21 Aa
Médias	0,28 b	0,35 a	0,29 b
CV (%)	43,6		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando o desempenho do Mg nos dois anos de estudo, de forma separada (Tabela 11), é possível observar, que no primeiro ano, os experimentos com o *C. citriodora*, em linha simples e dupla, se mostraram iguais e diferentes do experimento com a *U. decumbens* solteira. Já no segundo ano do experimento, os valores médios de Mg não diferiram entre os diferentes experimentos.

TABELA 11. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Mg					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	0,32 Aa	0,60 Aa	0,30 Aa	0,12 Bb	0,30 Ba	0,30 Aa
200	0,30 Aa	0,47 Aa	0,30 Aa	0,12 Ab	0,27 Ba	0,27 Aa
400	0,40 Aa	0,30 Ab	0,27 Aa	0,27 Aa	0,25 Aa	0,32 Aa
600	0,52 Aa	0,32 Ab	0,20 Aa	0,15 Bb	0,25 Aa	0,27 Aa
800	0,27 Aa	0,52 Aa	0,30 Aa	0,35 Aa	0,25 Ba	0,32 Aa
Médias	0,36 a	0,44 a	0,27 b	0,20 a	0,26 a	0,30 a
CV (%)	43,6					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Em relação à média dos teores de magnésio no solo (tabela 12), para a profundidade de 0,20-0,40 m, pode-se afirmar que o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* mostrou-se melhor que os demais experimentos, apresentando um valor de $0,27 cmol_c dm^{-3}$.

TABELA 12. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Mg		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	0,19 Ab	0,32 Aa	0,15 Ab
200	0,17 Aa	0,32 Aa	0,25 Aa
400	0,24 Aa	0,24 Aa	0,24 Aa
600	0,25 Aa	0,19 Aa	0,16 Aa
800	0,29 Aa	0,27 Aa	0,22 Aa
Médias	0,22 b	0,27 a	0,20 b
CV (%)	49,37		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Para todos os arranjos, as diferentes doses de ARS aplicadas, não geraram diferenças

estatísticas nos teores de Mg (Tabela 12).

Quando se observa os dois anos de forma separada (Tabela 13), é possível notar que, no ano 1, os três experimentos apresentaram teores médios de Mg diferentes, ou seja, a comparação entre os experimentos demonstra que os três experimentos são diferentes entre si, sendo LD>LS>US. Já no ano 2, no entanto, a comparação entre os três experimentos, mostra que, para a variável Mg, os três experimentos não diferiram estatisticamente. Ainda, em relação aos dois anos do experimento, no arranjo com linha simples de *C. citriodora*, as doses de 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ no primeiro ano apresentaram valores mais expressivos para Mg (0,32; 0,35; 0,37 cmol_c dm⁻³, respectivamente), em comparação com as mesmas doses do segundo ano (0,15; 0,15; 0,20 cmol_c dm⁻³, respectivamente).

TABELA 13. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,2-0,40m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Mg					
	cmol _c dm ⁻³					
0	0,25 Aa	0,47 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	0,17 Ba	0,17 Aa
200	0,20 Aa	0,50 Aa	0,22 Aa	0,15 Aa	0,15 Ba	0,27 Aa
400	0,32 Aa	0,27 Ab	0,25 Aa	0,15 Ba	0,20 Aa	0,22 Aa
600	0,35 Aa	0,22 Ab	0,15 Aa	0,15 Ba	0,15 Aa	0,17 Aa
800	0,37 Aa	0,42 Aa	0,20 Aa	0,20 Ba	0,12 Ba	0,25 Aa
Médias	0,30 b	0,38 a	0,19 c	0,15 a	0,16 a	0,22 a
CV (%)	49,37					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Assim como observado na profundidade anterior, para a profundidade de 0,40 a 0,60 m, o teor médio de Mg no solo foi maior para o experimento com as linhas duplas de *C. citriodora*, em relação aos demais experimentos (LS e US), que se mostraram iguais no âmbito da variável Mg (Tabela14).

TABELA 14. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,4-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Mg $cmol_c dm^{-3}$		
0	0,12 Ab	0,39 Aa	0,14 Ab
200	0,11 Ab	0,36 Aa	0,12 Ab
400	0,17 Ab	0,31 Aa	0,17 Ab
600	0,17 Aa	0,21 Ba	0,17 Aa
800	0,14 Ab	0,32 Aa	0,15 A b
Médias	0,14 b	0,32 a	0,15 b
CV (%)	41,03		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

No entanto, quando se analisa separadamente os dois anos em que o experimento foi analisado (Tabela 15), é possível notar que para o ano 1, o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* apresentou resultado mais satisfatório para os teores de Mg ($0,44 cmol_c dm^{-3}$), quando comparado com os demais experimentos. Já no ano 2, os experimentos com linhas duplas de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira, mostraram-se iguais ($0,19$ e $0,17 cmol_c dm^{-3}$, respectivamente) e diferiram do experimento com linha simples de *C. citriodora* ($0,10 cmol_c dm^{-3}$).

De forma geral, a maioria dos valores obtidos para Mg foram maiores no ano 1, em comparação com o segundo ano de avaliação, sendo tal ação possivelmente explicada pela extração feita pelas plantas, principalmente o *C. citriodora*, que teve sua altura dobrada de um ano para o outro. De acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais (CFSEMG, 1999), valores de Mg tidos como adequados devem estar entre $0,9$ e $1,5 cmol_c dm^{-3}$, o que demonstra que os valores obtidos para o Mg para todos os experimentos, nos dois anos de estudo e observando as três profundidades estudadas, são considerados baixos ou muito baixos. Isso talvez seja explicado pelos teores elevados de K trocáveis encontrados no solo, que causam o desbalanço de nutrientes e geram uma carência de magnésio para a planta (PRATT, 1979). Queiroz et al. (2004), aplicando esterco líquido de suínos em solo cultivado com diferentes gramíneas forrageiras, também encontraram concentrações de Mg trocável no solo maiores no início do experimento ($1,17 cmol_c dm^{-3}$), em comparação ao final ($1,01 cmol_c dm^{-3}$).

dm⁻³), possivelmente devido à extração pelas plantas. Homem et al. (2014), aplicando ARS em solo com *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, notaram que os teores de Mg se mostraram crescentes até os 82 dias e depois verificou-se uma queda brusca no final do experimento (138 dias), o que, segundo eles, demonstra que a taxa de utilização deste nutriente pela planta estava sendo maior que sua reposição por meio da aplicação de ARS.

TABELA 15. Médias dos valores de magnésio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,4-0,60m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
	Mg					
m ³ ha ⁻¹	cmol _c dm ⁻³					
0	0,17 Aa	0,52 A a	0,12 Aa	0,07 Aa	0,25 Ba	0,15 Aa
200	0,15 Aa	0,55 Aa	0,10 Aa	0,07 Aa	0,17 Ba	0,15 Aa
400	0,22 Aa	0,45 Aa	0,15 Aa	0,12 Aa	0,17 Ba	0,20 Aa
600	0,22 Aa	0,30 Ab	0,17 Aa	0,12 Aa	0,12 Ba	0,17 Aa
800	0,15 Aa	0,40 Ab	0,12 Aa	0,12 Aa	0,17 Ba	0,25 Aa
Médias	0,18 b	0,44 a	0,13 b	0,10 b	0,19 a	0,17 a
CV (%)	41,03					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

4.4 Potássio (K)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Para atender às pressuposições requeridas pela análise de variância, a variável K precisou ser transformada em log K, na profundidade de 0,0 a 0,20 m.

A média dos valores de K foi maior para o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* e igual a 91,20 mg dm⁻³. Observando os valores de K obtidos das diferentes doses de ARS aplicadas ao solo, é possível notar que, para a LS, as doses de 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ apresentaram resultados mais expressivos e diferiram-se das doses menores (0 e 200 m³ ha⁻¹). Já na LD, apenas a dose testemunha (0 m³ ha⁻¹) apresentou valores de K menores e, dessa forma, se diferiu dos resultados encontrados para K nas demais doses (Tabela 16).

Comparando a média dos valores de K obtidas em cada experimento, com os níveis adequados estipulados pela 5ª aproximação ($> 80 \text{ mg dm}^{-3}$), é possível afirmar que apenas a média obtida pelo experimento com linhas duplas atingiu o nível de K desejável pela CFSEMG (1999), igual a $91,20 \text{ mg dm}^{-3}$. A aplicação de ARS para o experimento com linhas duplas conferiu um aumento de 123,9% entre o valor inicial, obtido para a testemunha e o maior valor de K, obtido na dose de $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

TABELA 16. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	K		
	mg dm^{-3}		
0	45,71 Ba	44,67 Ba	67,61 Aa
200	51,29 Bb	91,20 Aa	56,26 Ab
400	91,20Aa	120,23 Aa	72,44 Aa
600	95,50 Aa	120,23 Aa	30,20 Bb
800	93,32 Aa	100,00 Aa	89,12 Aa
Médias	72,44 b	91,20 a	58,88 b
CV (%)	12,01		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em $\log K$ para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se observa o desempenho dos dois anos de estudo de forma separada (Tabela 17), é possível notar que no ano 1, apenas o experimento com *U. decumbens* solteira se diferenciou dos demais experimentos, apresentando, no entanto, um valor de K menor em relação aos experimentos com *C. citriodora*. Já no segundo ano, os três experimentos apresentaram valores de K iguais estatisticamente. Comparando-se o primeiro ano (2015) com o ano 2 (2016), é possível notar que, para os experimentos com *C. citriodora*, em linha simples e dupla, o primeiro ano apresentou resultados mais satisfatórios para a variável K, em sua maioria, quando comparado com o segundo ano, estando os valores do primeiro ano mais adequados (de acordo com a 5ª aproximação), em relação aos do segundo ano. Os valores obtidos no segundo ano de avaliação demonstram que esse elemento foi consumido pela planta, já que no segundo ano, o tamanho do *C. citriodora* era o dobro do encontrado no primeiro ano.

TABELA 17. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	K					
	$mg dm^{-3}$					
0	61,66 Aa	61,18 Ab	64,56 Aa	34,67 Ab	28,84 Bb	72,44 Aa
200	102,33 Aa	123,03 Aa	53,70 Aa	25,70 Bb	69,18 Aa	60,25 Aa
400	141,25 Aa	181,97 Aa	72,4 Aa	58,88 Ba	79,43 Ba	70,79 Aa
600	162,18 Aa	194,98 Aa	23,98 Ab	56,23 Ba	75,86 Ba	38,90 Aa
800	123,03 Aa	177,83 Aa	85,11 Aa	69,18 Aa	56,23 Ba	93,32 Aa
Médias	112,20 a	141,25 a	54,95 b	45,71 a	58,88 a	64,56 a
CV (%)	57,71					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log K para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Para a profundidade de 0,20 a 0,40 m, quando se compara os três experimentos (Tabela 18) é possível notar que os maiores valores de K estão relacionados aos dois experimentos com *C. citriodora*, em linha simples e linha dupla, iguais a 69,97 e 83,02 $mg dm^{-3}$, respectivamente. Tais valores diferem do encontrado para a *U. decumbens* solteira, que foi menor e igual a 48,42 $mg dm^{-3}$. Valores acima de 80 $mg dm^{-3}$ são tidos como ‘bons’ pela CFSEMG (1999), o que indica que o valor encontrado para a linha dupla, igual a 83,02 $mg dm^{-3}$ é adequado.

TABELA 18. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	K		
	mg dm ⁻³		
0	35,87 Ba	41,50 Ba	29,00 Ba
200	49,62 Ba	59,62 Ba	42,37 Ba
400	78,12 Aa	91,25 Aa	66,37 Aa
600	93,25 Aa	111,37 Aa	33,50 Bb
800	93,00 Aa	111,37 Aa	70,87 Aa
Médias	69,97 a	83,02 a	48,42 b
CV (%)	49,48		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando os anos separadamente (Tabela 19), o primeiro ano do experimento apresentou teores de K que diferiram nos três experimentos, ou seja, os experimentos mostraram-se diferentes entre si, sendo LD>LS>US.

TABELA 19. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	K					
	mg dm ⁻³					
0	50,50 Ab	68,00 Ab	26,25 Aa	21,25 Aa	15,00 Ba	31,75 Aa
200	74,75 Ab	94,75 Ab	39,25 Aa	24,50 Ba	24,50 Ba	45,50 Aa
400	103,50 Aa	139,75 Aa	68,75 Aa	52,75 Ba	42,75 Ba	64,00 Aa
600	143,00 Aa	162,25 Aa	36,25 Aa	43,00 Ba	60,50 Ba	30,75 Aa
800	121,25 Aa	147,75 Aa	65,50 Aa	64,75 Ba	75,00 Ba	76,25 Aa
Médias	98,70 b	112,50 a	47,20 c	41,25 a	43,55 a	49,65 a
CV (%)	49,48					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

No entanto, no segundo ano (2016), os três experimentos foram iguais para os teores de K. Comparando os anos, nota-se que, para os experimentos com linhas simples e dupla de *C. citriodora*, o ano 1 apresentou valores maiores de K em comparação ao ano 2 e o experimento com *U. decumbens* solteira não diferiu entre os anos estudados, demonstrando, também o

consumo desse elemento pelas plantas.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Para a profundidade de 0,40-0,60 m, a média dos valores de K mostrou-se diferente estatisticamente para cada experimento, sendo: LD>LS>US. Ao se analisar as diferentes doses aplicadas, tanto no experimento em linha simples, como no experimento com linhas duplas de *C. citriodora*, as doses menores de ARS (0 e 200 m³ ha⁻¹) promoveram teores menores de K, em comparação com as doses mais altas (Tabela 20).

As médias de K encontradas nos três experimentos (linhas simples, duplas e pastagem solteira) estão abaixo do nível ‘adequado’, estabelecido para os valores de K ideais na 5ª aproximação.

TABELA 20. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	K		
	mg dm ⁻³		
0	21,90 Ba	35,88 Ba	17,64 Aa
200	22,95 Ba	43,03 Ba	22,56 Aa
400	53,29 Aa	73,44 Aa	32,83 Ab
600	50,41 Ab	77,97 Aa	33,87 Ab
800	44,76 Ab	88,73 Aa	32,95 Ab
Médias	37,33 b	61,94 a	27,56 c
CV (%)	28,61		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em Raiz K para atender aos pressupostos da análise de variância.

De acordo com a Tabela 21, ao se analisar o primeiro ano do experimento, se observa que o comportamento dos valores de K mostrou-se diferente em cada experimento, onde a LD apresentou maiores resultados (média igual a 92,93 mg dm⁻³), seguido do experimento com LS (média igual a 46,38 mg dm⁻³) e por fim ao experimento com US (média igual a 27,14 mg dm⁻³). No entanto, ao se analisar o segundo ano do experimento, os valores obtidos para K não diferiram de um experimento para o outro.

TABELA 21. Médias dos valores de potássio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	K					
	$mg dm^{-3}$					
0	29,27 Ab	51,55 Ab	16,00 Aa	15,60 Ab	22,94 Ab	19,45 Aa
200	33,06 Ab	79,74 Ab	31,70 Aa	14,36 Ab	17,56 Bb	15,05 Aa
400	71,57 Aa	91,16 Ab	28,84 Aa	37,82 Aa	56,85 Aa	37,09 Aa
600	76,74 Aa	126,56 Aa	31,70 Aa	29,59 Ba	41,22 Ba	36,12 Aa
800	32,26 Ab	126,56 Aa	29,27 Aa	59,44 Aa	57,59 Ba	36,97 Aa
Médias	46,38 b	92,93 a	27,14 c	59,44 a	37,21 a	27,98 a
CV (%)	28,61					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em Raiz K para atender aos pressupostos da análise de variância.

Os resultados encontrados para a variável K indicam que houve um consumo desse elemento pela planta, de um ano para o outro. Além disso, se observou um decréscimo nos valores de K conforme se analisou as maiores profundidades, independente da dose de ARS aplicada ao solo, o que indica um acúmulo de K nas camadas mais superficiais do solo. Esses resultados coincidem com os obtidos por Queiroz et al. (2004), que avaliando o efeito da aplicação de esterco líquido de suínos em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo cultivado com diferentes gramíneas forrageiras observaram um acúmulo de K trocável nas camadas superficiais do solo, quando se aplicou o dejetos de forma superficial. Scherer et al. (2010), trabalhando com os principais solos da região oeste de Santa Catarina, constataram que excessivas aplicações de K, proveniente de dejetos de suínos, podem resultar em acúmulo de grande quantidade do nutriente na camada superficial do solo. Falleiro et al., (2003), avaliando seis diferentes sistemas de preparo do solo, observaram que houve diminuição dos teores de K em profundidade no sistema de plantio direto.

No entanto, mesmo com essa diminuição dos teores de K ao longo do perfil, nota-se que, em relação a testemunha, os valores de K aumentaram, mesmo na profundidade inferior. Em relação a maior dose de ARS aplicada ($800 m^3 ha^{-1}$) os incrementos foram de 104,4%; 147,3% e 86,8% para os experimentos com linha simples, linhas duplas e pastagem solteira,

respectivamente. Homem et al. (2014) afirma que, na camada inferior (20-40 cm), o aumento de K trocável foi devido à alta mobilidade desse elemento no perfil do solo, onde parte do K adicionado, principalmente nas doses mais elevadas, foi remanejada para o interior do perfil do solo.

4.5 Fósforo (P)

Para a variável P, foram apresentados apenas dos dados referentes às profundidades cujos pressupostos da análise de variância ou da análise conjunta foram atendidos.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Na Tabela 22 tem-se a média dos valores de fósforo no solo onde é possível dizer que a os valores de P se mostraram igual para os experimentos com *C. citriodora*, tanto em linha simples como dupla e diferiram do experimento com *U. decumbens* solteira, que apresentou os menores resultados para a variável P.

Quando se compara os níveis ideais de P estabelecidos pela CFSEMG (1999) com as médias gerais encontradas para cada experimento, nota-se que no experimento com linha simples o valor encontrado (11,48 mg dm⁻³) é considerado baixo (entre 6,7 e 12,0 mg dm⁻³), o valor encontrado no experimento com linhas duplas (14,79 mg dm⁻³) é tido com adequado (entre 12,01 e 20,0 mg dm⁻³) e o valor encontrado no experimento com pastagem solteira (1,38 mg dm⁻³) é considerado muito baixo (< 6,6 mg dm⁻³).

Quando se observa os dois anos do estudo separadamente, tem-se que o comportamento da variável P é o mesmo da tabela 22, ou seja, os dois anos tem o mesmo desempenho, sendo as médias de P iguais para os experimentos com linha simples e linhas duplas de *C. citriodora* e diferente do experimento com pastagem solteira (US). No primeiro ano, os valores de P nos experimentos com linhas simples e duplas de *C. citriodora* são tidos como ‘médios’ pela CFSEMG (1999), enquanto no segundo ano, os valores para os mesmos experimentos são considerados ‘baixos’ (Tabela 23).

TABELA 22. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de fósforo no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	P		
	$mg dm^{-3}$		
0	11,20 Aa	13,49 Aa	0,89 Ab
200	11,20 Aa	13,80 Aa	1,23 Ab
400	11,20 Aa	15,49 Aa	2,24 Ab
600	9,55 Aa	14,79 Aa	1,26 Ab
800	14,79 Aa	15,85 Aa	1,66 Ab
Médias	11,48 a	14,79 a	1,38 b
CV (%)	40,78		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log P para atender aos pressupostos da análise de variância.

TABELA 23. Médias dos valores de fósforo no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	P					
	$mg dm^{-3}$					
0	12,02 Aa	18,20 Aa	0,89 Aa	10,71 Aa	10,23 Aa	0,91 Aa
200	12,48 Aa	19,95 Aa	1,38 Aa	10,71 Aa	9,33 Aa	1,10 Aa
400	12,02 Aa	17,78 Aa	3,98 Aa	10,47 Aa	13,49 Aa	1,29 Ba
600	15,13 Aa	19,95 Aa	1,82 Aa	6,02 Aa	10,71 Aa	0,87 Aa
800	19,50 Aa	16,59 Aa	1,90 Aa	10,96 Aa	15,49 Aa	1,44 Aa
Médias	13,80 a	18,20 a	1,74 b	9,55 a	11,75 a	1,10 b
CV (%)	40,78					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log P para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apesar de não terem sido significativas as demais profundidades analisadas, os valores de P obtidos para a profundidade de 0,20 a 0,40 m indicam que houve uma migração do P, mesmo que pequena. Esses resultados corroboram com Ceretta et al. (2003), que avaliando a aplicação de esterco de suínos em pastagens naturais do Rio Grande do Sul, observou migração de P às camadas mais profundas do solo, com o uso de maior dose de esterco (40

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Do mesmo modo, os valores de P também foram menores quando se compara o primeiro e o segundo ano de experimentação, o que indica uma saída desse nutriente da solução solo, por meio da captação pelas plantas ou, ainda, sua adsorção para formas não disponíveis. Homem et al. (2014), trabalhando com ARS em um Latossolo Vermelho-Amarelo, também observaram diferença entre as épocas de amostragem, onde o P disponível teve comportamento crescente até a metade do experimento (82 dias) e depois, até o final do experimento (138 dias) teve uma queda brusca, em ambas as camadas (0-20 cm e 20-40 cm). No entanto, Ceretta et al. (2003), ao contrário do que foi observado neste estudo, encontraram que o teor de P disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação do esterco ao longo do tempo.

4.6 Zinco (Zn)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Para os valores de Zn no solo, a Tabela 24 demonstra o comportamento dos três experimentos quanto à média dos valores de Zn, onde o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* apresenta resultados maiores para tal parâmetro e se diferiu estatisticamente dos demais arranjos, LS e US. Ainda, ao se observar o experimento em linha simples de *C. citriodora*, nota-se que as doses menores de ARS aplicadas ao solo (0 e $200 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$) promoveram uma menor média de Zn, iguais a 1,23 e $0,93 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, valores estes que são considerados como ‘médios’ para Zn, de acordo com a 5ª aproximação.

Analisando o experimento com linhas duplas é possível notar um incremento de 119,1% entre o valor de Zn inicial, obtido na dose de $0 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (igual a $1,99 \text{ mg dm}^{-3}$) e o maior valor encontrado para Zn, referente a dose de $800 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (igual a $4,36 \text{ mg dm}^{-3}$), o que demonstra a grande quantidade desse elemento na água residuária de suinocultura.

Assim como foi observado na tabela 24, em que se é feito uma média dos dois anos do experimento, quando se observa os anos de forma separada (Tabela 25), é possível notar o mesmo comportamento para a média dos teores de Zn no solo, tanto para o primeiro ano, quanto para o segundo ano, em que o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* se sobressaiu em relação aos demais experimentos, com médias de Zn iguais a 3,31 e $2,57 \text{ mg dm}^{-3}$, para o primeiro e segundo ano do estudo, respectivamente, que são tidos como ‘altos’ pelos parâmetros

estabelecidos pela CFSEMG (1999) ($>1,2 \text{ mg dm}^{-3}$).

TABELA 24. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Zn		
	mg dm^{-3}		
0	1,23 Ba	1,99 Aa	1,70 Aa
200	0,93 Ba	2,19 Aa	1,74 Aa
400	3,23 Aa	3,09 Aa	1,26 Ab
600	1,55 Ab	3,63 Aa	1,55 Ab
800	1,41 Aa	4,36 Aa	2,04 Aa
Médias	1,51 b	2,88 a	1,62 b
CV (%)	116,50		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Zn para atender aos pressupostos da análise de variância.

TABELA 25. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Zn					
	mg dm^{-3}					
0	1,51 Aa	1,90 Aa	1,70 Aa	1,00 Ab	2,09 Aa	1,70 Aa
200	0,62 Aa	2,51 Aa	1,55 Aa	0,52 Ab	1,90 Aa	1,95 Aa
400	2,75 Aa	4,07 Aa	1,20 Aa	3,80 Aa	4,79 Aa	1,26 Aa
600	2,04 Aa	4,79 Aa	1,35 Aa	1,17 Ab	2,69 Aa	1,74 Aa
800	1,15 Aa	4,07 Aa	4,07 Aa	1,77 Aa	2,29 Aa	1,74 Aa
Médias	1,74 b	3,31 a	1,58 b	1,32 b	2,57 a	1,66 b
CV (%)	116,50					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Zn para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao se analisar a segunda profundidade estudada (0,20-0,40 m), nota-se que a média dos valores de Zn se apresenta igual para os experimentos com *C. citriodora* em linha simples e dupla, valores esses iguais a 1,15 e 1,26 mg dm⁻³, respectivamente; e difere do experimento com pastagem solteira, que apresentou os menores valores de Zn (0,89 mg dm⁻³). É possível observar, também, que as menores doses de ARS promoveram aos menores valores de Zn para o experimento em linha simples de *C. citriodora*, iguais a 0,59 e 0,85 mg dm⁻³ para as doses de 0 e 200 m³ ha⁻¹, respectivamente (Tabela 26).

A média de Zn obtida pelo experimento com linhas duplas é tida como alta (acima de 1,2 mg dm⁻³), enquanto as médias encontradas nos experimentos com linha simples e pastagem solteiras estão consideradas adequadas pela 5ª aproximação, entre 0,6 e 1,2 mg dm⁻³.

TABELA 26. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Zn mg dm ⁻³		
0	0,59 Ba	0,89 Aa	0,68 Aa
200	0,85 Ba	0,96 Aa	0,93 Aa
400	1,90 Aa	1,48 Aa	1,10 Aa
600	1,35 Aa	1,41 Aa	0,74 Ab
800	1,55 Aa	1,74 Aa	1,02 Aa
Médias	1,15 a	1,26 a	0,89 b
CV (%)	734,47		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Zn para atender aos pressupostos da análise de variância.

Para análise distinta de cada ano do experimento (Tabela 27), é aceitável afirmar que, no primeiro ano (2015), os dois experimentos com *C. citriodora* tiveram o mesmo comportamento para a variável Zn, que se mostrou diferente do experimento com *U. decumbens* solteira, que apresentou os menores valores de Zn. Já no ano 2 (2016), os três experimentos apresentaram valores iguais para a variável Zn, sendo LS=LD=US. No caso da linha dupla de *C. citriodora*, a comparação entre os dois anos demonstra que para o segundo ano, em praticamente todas as doses de ARS (com exceção da dose testemunha), os valores de Zn são

mais baixos e diferem dos encontrados no primeiro ano, indicando que o tal elemento possa ter sido consumido pelas plantas de eucalipto, que no segundo ano de avaliação já estavam com o dobro do tamanho exibido no primeiro ano. Os teores de Zn, portanto, não são proporcionais ao tempo de aplicação de ARS.

No segundo ano de avaliação (2016), os valores médios encontrados para Zn em todos os experimentos, estão dentro do aceitável pela CFSEMG (1999).

TABELA 27. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Zn					
	$mg dm^{-3}$					
0	0,72 Ab	1,32 Aa	0,71 Aa	0,48 Ab	0,60 Aa	0,66 Aa
200	1,23 Ab	1,70 Aa	1,00 Aa	0,60 Ab	0,55 Ba	0,83 Aa
400	2,19 Aa	2,57 Aa	1,35 Aa	1,62 Aa	0,87 Ba	0,91 Aa
600	3,23 Aa	3,31 Aa	0,93 Aa	0,57 Bb	0,62 Ba	0,60 Aa
800	2,51 Aa	2,95 Aa	0,97 Aa	0,95 Ba	1,00 Ba	1,07 Aa
Médias	1,74 a	2,24 a	0,97 b	0,77 a	0,71 a	0,79 a
CV (%)	734,47					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em $\log Zn$ para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Para a profundidade de 0,40 a 0,60 m, a média dos teores de Zn se mostraram iguais para os experimentos com linha simples de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira e diferiram do experimento com *C. citriodora* em linhas duplas, que apresentou os maiores resultados. Destacam-se, ainda, que para as linhas duplas de *C. citriodora*, as doses maiores de ARS (600 e 800 $m^3 ha^{-1}$) geraram maiores teores de Zn, quando comparado às doses menores. Já no caso da *U. decumbens* solteira, as doses menores (0 e 200 $m^3 ha^{-1}$) foram as que promoveram os menores teores de Zn para o solo (Tabela 28). As médias gerais encontradas nos três experimentos estão de acordo com o que é considerado adequado pela 5ª aproximação (entre

0,6 e 1,2 mg dm⁻³).

TABELA 28. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Zn mg dm ⁻³		
0	0,52 Aa	0,85 Ba	0,45 Ba
200	0,48 Ab	0,89 Ba	0,37 Bb
400	0,69 Aa	0,89 Ba	0,93 Aa
600	0,50 Ab	1,58 Aa	0,83 Ab
800	0,69 Ab	1,77 Aa	0,64 Ab
Médias	0,57 b	1,12 a	0,60 b
CV (%)	224,94		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Zn para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se analisa o desempenho de cada ano de forma separada (Tabela 29), é possível observar que o experimento em linhas duplas de *C. citriodora* (LD) promoveu, no primeiro ano, as maiores médias de Zn e os demais experimentos tiveram comportamento igual para tal variável. Já no segundo ano, nota-se que algumas médias de Zn para o experimento com linhas duplas se mostraram menores que no ano 1, o que ocasionou em uma equivalência nos teores de Zn, em relação aos demais experimentos, ou seja, no segundo ano, os três experimentos não diferiram estatisticamente para os valores de Zn.

TABELA 29. Médias dos valores de zinco no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Zn					
	mg dm^{-3}					
0	0,72 Aa	1,17 Aa	0,50 Aa	0,39 Aa	0,62 Aa	0,40 Aa
200	0,57 Aa	1,55 Aa	0,44 Aa	0,40 Aa	0,52 Ba	0,32 Aa
400	0,93 Aa	1,44 Aa	1,02 Aa	0,51 Aa	0,55 Aa	0,85 Aa
600	0,85 Aa	2,09 Aa	0,89 Aa	0,29 Ba	1,20 Aa	0,79 Aa
800	0,66 Aa	3,80 Aa	0,79 Aa	0,74 Aa	0,81 Ba	0,51 Aa
Médias	0,74 b	1,86 a	0,69 b	0,45 a	0,71 a	0,54 a
CV (%)	224,94					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Zn para atender aos pressupostos da análise de variância.

Os valores encontrados para a variável Zn demonstram um comportamento fixo, onde se tem, nas camadas mais sub-superficiais um teor de Zn maior e que, com o aumento da profundidade, vai diminuindo, saindo de um nível considerado alto para Zn (2,88 mg dm^{-3} para o arranjo em linhas duplas na profundidade de 0,0-0,20m), para um valor tido como adequado (1,12 mg dm^{-3} para o arranjo em linhas duplas na profundidade de 0,40-0,60m), pela CFSEMG (1999). Os resultados encontrados corroboram com Scherer et al. (2010), que, trabalhando com a aplicação de dejetos de suínos observaram teores maiores de Zn na camada superficial do solo (0–5 cm).

4.7 Cobre (Cu)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Na tabela 30, a variável Cu está apresentada nos três diferentes experimentos e se pode notar que em ambos os experimentos com *C. citriodora*, as médias de Cu obtidas são maiores e se diferem do experimento com *U. decumbens* solteira para esse parâmetro. Ainda, é possível observar que, para a linha simples, as doses menores de ARS (0 e 200 $m^3 ha^{-1}$) promoveram valores menores de Cu, se diferindo das demais médias otidas para esse experimento.

Ao se analisar especificamente o arranjo em linhas duplas, é possível notar um

incremento de 485,3% entre o valor de Cu obtido para a testemunha, que não recebeu aplicação de ARS e o valor obtido na dose de 800 m³ ha⁻¹.

Os valores de Cu estão acima do estipulado pela CFSEMG (1999) (<0,8 mg dm⁻³) e são considerados como ‘muito altos’ e essa grande quantidade de Cu no solo pode ser explicada pela presença desse elemento em abundância na ARS.

TABELA 30. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Cu mg dm ⁻³		
0	0,85 Ba	0,68 Ca	1,02 Aa
200	1,17 Ba	1,44 Ba	1,08 Aa
400	3,89 Aa	3,02 Aa	1,10 Ab
600	1,86 Ab	3,98 Aa	1,38 Ab
800	2,34 Aa	3,98 Aa	1,38 Ab
Médias	1,70 a	2,14 a	1,17 b
CV (%)	119,51		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

No entanto, quando se faz o detalhamento dos anos, separando-os, como na Tabela 31, é possível evidenciar que o comportamento tido no primeiro ano do estudo, em que as médias dos valores de Cu para os dois experimentos com *C. citriodora* são iguais e diferentes do experimento com pastagem, não ocorrem no ano seguinte (2016), visto que no segundo ano os valores de Cu são maiores no experimento com linhas duplas de *C. citriodora* e diferem dos outros experimentos, com linhas simples de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira.

TABELA 31. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Cu					
	$mg dm^{-3}$					
0	1,15 Ab	0,79 Ab	1,17 Aa	0,63 Ab	0,56 Ab	0,91 Aa
200	1,70 Ab	1,99 Aa	1,15 Aa	0,81 Ab	0,93 Ab	0,99 Aa
400	3,02 Aa	3,23 Aa	1,32 Aa	3,80 Aa	2,75 Aa	0,91Aa
600	4,26 Aa	4,26 Aa	1,12 Aa	0,83 Bb	3,63 Aa	1,66 Aa
800	2,40 Aa	4,79 Aa	1,48 Aa	2,29 Aa	3,31 Aa	1,26 Aa
Médias	2,29 a	2,51 a	1,23 b	1,29 b	1,82 a	1,12 b
CV (%)	119,51					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao se analisar a variável Cu para a profundidade de 0,20 a 0,40 m, tem-se que a média dos valores obtidos para Cu é igual para os experimentos em linha simples e linhas duplas de *C. citriodora* e já o experimento com *U. decumbens* solteira se distanciou de tais valores, apresentando os menores resultados para essa variável. Nota-se, ainda, que nos experimentos com linha simples e dupla de *C. citriodora*, as maiores doses de ARS (400, 600 e 800 $m^3 ha^{-1}$) promoveram os maiores valores de Cu, que diferiram da média encontrada para a menor dose de ARS aplicada (200 $m^3 ha^{-1}$) e que, por sua vez, também diferiu da dose testemunha (0 $m^3 ha^{-1}$), que não recebeu ARS (Tabela 32).

Nota-se que apenas a média geral obtida do experimento com pastagem solteira apresentou um valor de Cu considerado adequado pela Comissão de fertilidade do solo de Minas Gerais (1999) e igual a 0,77 $mg dm^{-3}$.

TABELA 32. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	Cu		
	mg dm ⁻³		
0	0,56 Ca	0,48 Ca	0,55 Ba
200	0,98 Ba	0,83 Ba	0,64 Ba
400	1,90 Aa	1,35 Aa	1,12 Aa
600	1,51 Aa	1,95 Aa	0,74 Bb
800	2,04 Aa	2,19 Aa	0,93 Ab
Médias	1,26 a	1,17 a	0,77 b
CV (%)	969,52		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se analisa a profundidade de 0,20 a 0,40 m separando os dois anos em que o experimento foi analisado (Tabela 33), é possível observar que no primeiro ano a média dos valores de Cu apresenta um comportamento igual para os dois experimentos com *C. citriodora* e difere das médias encontradas no experimento com a pastagem (US). Já no segundo ano do experimento, os três diferentes arranjos (LS, LD e US) apresentaram com comportamento igual e, por isso, não apresentaram diferenças estatísticas. Destaca-se, ainda, que no experimento com linhas duplas, as doses onde foram aplicadas ARS (com excessão da testemunha) apresentaram valores menores de Cu para o segundo ano, em comparação com as encontradas no primeiro ano do experimento.

As médias dos valores de Cu encontradas no segundo ano de avaliação estão mais próximas do nível ideal para Cu, segundo a CFSEMG (1999), em relação ao primeiro ano do experimento.

TABELA 33. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Cu					
	$mg dm^{-3}$					
0	0,64 Ac	0,63 Ac	0,55 Aa	0,50 Ab	0,37 Ab	0,56 Aa
200	1,44 Ab	1,58 Ab	0,71 Aa	0,68 Bb	0,43 Bb	0,60 Aa
400	2,34 Aa	2,40 Ab	1,10 Aa	1,58 Aa	0,77 Ba	1,15 Aa
600	3,55 Aa	3,98 Aa	0,81 Aa	0,66 Bb	0,93 Ba	0,67 Aa
800	2,69 Aa	3,80 Aa	0,98 Aa	1,58 Aa	1,29 Ba	0,91 Aa
Médias	1,82 a	2,04 a	0,81 b	0,89 a	0,69 a	0,76 a
CV (%)	969,52					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Assim como para as demais profundidades analisadas, na variável Cu da profundidade de 0,40 a 0,60 m, o comportamento da média dos valores de Zn se mostrou igual (Tabela 34). Isso significa que, assim como as tabelas anteriores (Tabelas 30 e 32) demonstraram, para o Cu, os dois experimentos com *C. citriodora* se mostraram iguais e diferiram do experimento com *U. decumbens* solteira. Porém, destaca-se aqui a conduta da variável Cu com a aplicação de diferentes doses de ARS no experimento com linhas duplas. Nota-se que na dose mais alta (800 $m^3 ha^{-1}$), o valor encontrado para Cu foi maior e diferiu dos demais. Ainda, observa-se que as doses intermediárias (400 e 600 $m^3 ha^{-1}$), apesar de apresentar valores menores que o encontrado da dose maior, diferiu também dos valores de Cu obtidos na dose menor de ARS aplicada (200 $m^3 ha^{-1}$) e na testemunha (0 $m^3 ha^{-1}$), que apresentaram as menores médias de Cu.

Na profundidade de 0,40 a 0,60 m, os valores de Cu estão mais próximos dos tidos como ideais, em relação às profundidades anteriores, para a variável Cu, conforme a CFSEMG (1999) recomenda em seu boletim. No entanto, os valores encontrados nos dois experimentos com *C. citriodora* ainda são considerados altos (acima de 0,8 $mg dm^{-3}$).

TABELA 34. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Cu		
	$mg dm^{-3}$		
0	0,69 Aa	0,49 Ca	0,46 Aa
200	0,63 Aa	0,71 Ca	0,55 Aa
400	1,02 Aa	0,91 Ba	0,72 Aa
600	0,98 Aa	1,10 Ba	0,79 Aa
800	1,12 Ab	2,24 Aa	0,60 Ac
Médias	0,87 a	0,95 a	0,63 b
CV (%)	227,23		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

Ao se analisar os dois anos de forma separada (Tabela 35), é possível afirmar que para cada ano analisado, o comportamento da variável Cu foi diferente.

TABELA 35. Médias dos valores de cobre no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Cu					
	$mg dm^{-3}$					
0	1,05 Aa	0,68 Ac	0,43 Aa	0,45 Bb	0,35 Ab	0,50 Aa
200	0,83 Aa	1,32 Ab	0,50 Aa	0,47 Ab	0,37 Bb	0,62 Aa
400	1,10 Aa	1,51 Ab	0,78 Aa	0,93 Aa	0,54 Bb	0,66 Aa
600	1,90 Aa	2,09 Ab	0,78 Aa	0,50 Bb	0,59 Bb	0,83 Aa
800	1,17 Aa	4,90 Aa	0,56 Aa	1,07 Aa	1,02 Ba	0,64 Aa
Médias	1,17 b	1,70 a	0,59 c	0,63 a	0,52 a	0,64 a
CV (%)	227,23					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log Cu para atender aos pressupostos da análise de variância.

No primeiro ano, os três experimentos se mostraram diferentes estatisticamente, onde LD>LS>US. No segundo ano, no entanto, os três experimentos foram iguais para tal variável. No segundo ano, as médias gerais obtidas para Cu, para todos os experimentos, estão em

conformidade com a 5ª aproximação ($<0,8 \text{ mg dm}^{-3}$).

Portanto, pode-se afirmar que a aplicação de ARS influenciou significativamente na quantidade de Cu no solo, obtida nos três experimentos. Nota-se, ainda que, de forma geral, o segundo ano de avaliação gerou menores teores de Cu ao solo em comparação com o primeiro ano do estudo e que os teores de Cu se concentraram na camada mais sub-superficial do solo, não havendo uma distribuição acentuada pelo perfil. Tais resultados se assemelham aos obtidos por Scherer et al. (2010) que, trabalhando com dejetos de suínos, verificaram que tais dejetos influenciam diretamente a disponibilidade de Cu no solo e sua percolação pelo perfil. Mattias (2006) e Scherer et al. (2010) também encontraram baixa relação entre o tempo de aplicação de dejetos de suínos e incrementos nos teores de Cu nos solos.

4.8 Matéria Orgânica (MO)

Para a variável MO, são apresentados apenas os dados referentes às profundidades cujos pressupostos da análise de homogeneidade de variância ou da análise conjunta foram atendidos.

Profundidade de 0,0-0,20 m

Em relação a variável matéria orgânica, pode-se notar que, para cada experimento, seu comportamento mostrou-se diferente. Os teores de matéria orgânica foram maiores no experimento com linhas simples de *C. citriodora* e iguais a $2,23 \text{ dag dm}^{-3}$. Em seguida, os valores intermediários de matéria orgânica referem-se ao experimento com linhas duplas de *C. citriodora*, cuja média encontrada foi de $1,78 \text{ dag dm}^{-3}$. Por último, os menores teores de matéria orgânica foram encontrados na *U. decumbens* solteira, valor médio igual a $0,90 \text{ dag dm}^{-3}$ (Tabela 36).

De acordo com a Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), valores entre $2,01$ e $4,00 \text{ dag dm}^{-3}$ são tidos como médios para o parâmetro matéria orgânica. Assim, o valor encontrado no experimento com linha simples está a um nível médio para matéria orgânica. Os valores encontrados nos experimentos com linhas duplas e pastagem, dessa forma, são tidos como baixos para tal parâmetro (entre $0,71$ e $2,00 \text{ dag dm}^{-3}$).

O solo do estudo foi, por muitos anos, ocupado por pastagem degradada, cuja decomposição de matéria orgânica é acentuada. Além disso, por conter pouco teor de argila em

sua composição (15-35%), tal degradação é favorecida e quantidades adequadas de matéria orgânica já não eram encontradas no solo. Ao mesmo tempo, a aplicação de duas doses sucessivas de ARS ao solo não promoveram incrementos nos teores de matéria orgânica. Além de não apresentar quantidades grandes de carbono orgânico em sua composição, a ARS ainda promove maior estímulo de degradação da matéria orgânica devido a maior atividade microbiana, não sendo esperado, portanto, grandes teores de MO. De acordo com Stevenson (1986), tal estímulo é tido com efeito “priming”, onde o aumento na taxa de decomposição da MO do solo é devido ao crescimento extenso e vigoroso da população microbiana quando um material rico em energia é adicionado ao solo e, a partir disso, microrganismos irão produzir enzimas que atacam a MO.

TABELA 36. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de matéria orgânica no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	MO		
	dag dm ⁻³		
0	2,27 Aa	1,81 Ab	0,99 Ac
200	2,25 Aa	1,80 Ab	0,85 Ac
400	2,31 Aa	2,04 Aa	0,92 Ab
600	2,34 Aa	1,66 Ab	0,95 Ac
800	1,97 Aa	1,59 Aa	0,79 Ab
Médias	2,23 a	1,78 b	0,90 c
CV (%)	23,48		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Ao se analisar os dois anos do experimento separadamente, pode-se observar que no primeiro ano, os teores médios de matéria orgânica foram diferentes para cada experimento analisado, sendo LS>LD>US. Já no segundo ano, os valores de matéria orgânica foram iguais para os dois experimentos com *C. citriodora* e diferiram dos valores encontrados para a *U. decumbens* solteira (Tabela 37).

Comparando-se tais valores encontrados nos dois anos do experimento, com os níveis ideais de matéria orgânica do solo propostos pela CFSEMG (1999), é possível afirmar que no primeiro ano, a média dos teores de matéria orgânica para os experimentos com linhas simples e duplas de *C. citriodora* pertenciam ao nível médio (2,01 a 4,00 dag dm⁻³) para matéria

orgânica, segundo o boletim de recomendações. Já no segundo ano, os valores encontrados para os mesmos experimentos foram tidos como baixos (0,71 a 2,00 dag dm⁻³), de acordo com a CFSEMG (1999).

TABELA 37. Médias dos valores de matéria orgânica no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	MO					
	dag dm ⁻³					
0	3,35 Aa	2,40 Aa	0,87 Aa	1,20 Ba	1,22 Bb	1,10 Aa
200	3,42 Aa	2,02 Aa	0,87 Aa	1,07 Ba	1,57 Aa	0,82 Aa
400	3,25 Aa	2,45 Aa	0,95 Aa	1,37 Ba	1,62 Ba	0,90 Aa
600	3,67 Aa	2,47 Aa	1,12 Aa	1,00 Ba	0,85 Bb	0,77 Aa
800	2,97 Aa	2,20 Aa	0,67 Aa	0,97 Ba	0,97 Bb	0,90 Aa
Médias	3,33 a	2,31 b	0,90 c	1,12 a	1,25 a	0,90 b
CV (%)	23,48					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Tal como os resultados apresentados para a MO, nos estudos de Ceretta et al. (2003), trabalhando com a aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural e com baixo teor de argila (apenas 150 g kg⁻¹), notou-se um favorecendo da decomposição da MO, onde quantidades adicionadas e perdas foram equivalentes. Scherer et al. (2010) também observaram que a aplicação de dejetos de suínos não proporcionou aumentos nos teores de MO em nenhum dos solos e camadas amostradas.

4.9 pH

Para a variável pH, foram apresentados apenas dos dados referentes às profundidades cujos pressupostos da análise de variância ou da análise conjunta foram atendidos.

Profundidade de 0,20-0,40 m

De acordo com a Tabela 38, para os valores de pH no solo, é possível observar que o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* foi o que apresentou os maiores valores de pH

e de diferiu dos demais experimentos. No entanto, de acordo com a CFSEMG (1999), as médias de todos os valores de pH encontrados nos três experimentos são tidas como baixas (entre 4,5 e 5,4), ou seja, apresentam nível alto de acidez ativa no solo.

TABELA 38. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	pH		
0	4,90 Aa	4,50 Bb	5,19 Aa
200	4,97 Aa	5,25 Aa	5,15 Aa
400	4,94 Ab	5,39 Aa	4,75 Bb
600	5,01 Aa	5,25 Aa	4,70 Ba
800	4,50 Aa	5,36 Aa	4,54 Ba
Médias	4,86 b	5,15 a	4,86 b
CV (%)	10,29		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Observando os anos do experimento de forma separada (Tabela 39), é possível notar que no primeiro ano (2015), os valores de pH encontrados para cada experimento foram iguais. Já no segundo ano, o valor de pH encontrado para o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* mostrou-se maior e diferiu dos encontrados nos demais experimentos. Apesar de apresentar alguns valores maiores de pH no segundo ano para a linha dupla em relação ao primeiro ano (de 4,77 para 5,72 na dose de $200 m^3 ha^{-1}$ e de 4,87 para 5,62 na dose de $600 m^3 ha^{-1}$), na média geral, os valores de pH ainda são tidos como baixos, de acordo com a CFSEMG (1999).

TABELA 39. Médias dos valores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	pH					
0	4,95 Aa	4,45 Aa	5,07 Aa	4,85 Aa	4,55 Ab	5,30 Aa
200	5,10 Aa	4,77 Ba	5,15 Aa	4,85 Aa	5,72 Aa	5,15 Aa
400	4,62 Aa	5,07 Aa	4,82 Aa	5,25 Aa	5,70 Aa	5,67 Aa
600	5,42 Aa	4,87 Ba	4,67 Aa	4,60 Ba	5,62 Aa	4,72 Aa
800	4,87 Aa	5,22 Aa	4,55 Aa	4,12 Ba	5,50 Aa	4,52 Aa
Médias	4,99 a	4,88 a	4,85 a	4,75 b	5,42 a	4,87 b
CV (%)	10,29					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Na profundidade de 0,40 a 0,60 m (Tabela 40), o pH do solo também se comportou de forma parecida ao encontrado na profundidade de 0,20-0,40 m, sendo as médias dos valores de pH encontrados no experimento com linhas duplas de *C. citriodora* o que apresentou os maiores valores de pH, seguidos dos valores encontrados na linha simples de *C. citriodora* e na *U. decumbens* solteira, que se mostraram iguais estatisticamente. As médias de pH iguais a 4,64; 5,16 e 4,82 para os experimentos em linhas simples, linhas duplas e pastagem solteira, respectivamente, são considerados como baixos, de acordo com o Boletim de recomendações da CFSEMG (1999).

TABELA 40. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	pH		
0	4,36 Bb	4,89 Aa	5,05 Aa
200	4,70 Ab	5,21 Aa	5,09 Aa
400	4,91 Ab	5,39 Aa	4,56 Bb
600	4,92 Aa	4,97 Aa	4,70 Ba
800	4,31 Bb	5,35 Aa	4,70 Bb
Médias	4,64 b	5,16 a	4,82 b
CV (%)	9,18		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Quando se observa os anos de forma separada (Tabela 41), é possível notar que o mesmo comportamento é visto nos dois anos, ou seja, tanto para o ano 1 como para o ano 2 do experimento, o arranjo com linhas duplas de *C. citriodora* apresentou resultados mais satisfatórios em relação ao pH, quando comparado aos outros experimentos, cujos valores de pH não diferiram. No entanto, analisando valores de pH obtidos dos dois anos e nos três diferentes experimentos, é possível notar que, em todos, os valores de pH apresentam níveis altos de acidez ativa no solo, de acordo com a CFSEMG (1999).

TABELA 41. Médias dos valores de pH no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	pH					
0	3,95 Bb	5,10 Aa	4,95 Aa	4,77 Aa	4,67 Ab	5,15 Aa
200	4,72 Aa	4,87 Ba	5,10 Aa	4,67 Aa	5,55 Aa	5,07 Aa
400	4,82 Aa	5,02 Ba	4,57 Aa	5,00 Aa	5,75 Aa	4,55 Aa
600	5,25 Aa	4,97 Aa	4,72 Aa	4,60 Ba	4,97 Ab	4,67 Aa
800	4,77 Aa	5,40 Aa	4,75 Aa	3,85 Bb	5,30 Ab	4,65 Aa
Médias	4,70 b	5,07 a	4,82 b	4,58 b	5,25 a	4,82 b
CV (%)	9,18					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Como a ARS não apresenta em sua composição características acidificantes ou alcalinizantes, a aplicação de ARS não tende a promover mudanças no pH do solo, tais como foram observados nos resultados. Assim, também Ceretta et al. (2003) em seus estudos, observaram que o pH do solo estudado praticamente não foi alterado com a aplicação do esterco de suínos.

4.10 Soma de Bases (SB) – K+ Ca + Mg

A soma de bases é calculada pela soma dos cátions básicos: K, Ca, Mg e Na. O sódio (Na) é comumente deixado de fora por ser inexpressiva a sua quantidade, em geral, nos solos brasileiros. No entanto, como a ARS apresenta expressivas quantidades de Na em sua composição, o mesmo não pode ser esquecido neste cálculo. No entanto, para se ter uma ideia do peso do Na na soma de bases, os dois modelos foram adotados, ou seja, a soma de bases sem e com o sódio. Nas tabelas 42 a 45 têm-se os valores de soma de bases sem a presença do sódio, apenas nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,40-0,60 m, onde foi satisfeito as pressuposições da análise de variância ou da análise conjunta.

Profundidade de 0,0-0,20 m

Observando as médias dos valores de soma de bases, nos três diferentes experimentos, é possível ressaltar que o comportamento da soma de bases se mostra distinto para o arranjo em linhas duplas, em comparação com os demais arranjos analisados. O experimento com linhas duplas de *C. citriodora* apresentou os maiores resultados (2,83 cmol_c dm⁻³) para a soma de bases, seguido dos valores obtidos no experimento com linha simples de *C. citriodora* e com *U. decumbens* solteira, que não diferiram estatisticamente (1,33 e 1,25 cmol_c dm⁻³, respectivamente).

Ao se comparar os valores obtidos com os propostos pela CFSEMG (1999), tem-se que o valor médio geral encontrado para a soma de bases no experimento com linhas duplas é médio, ou seja, entre 1,81 e 3,60 cmol_c dm⁻³, enquanto os demais experimentos apresentam SB tido como baixo (0,61 e 1,81 cmol_c dm⁻³).

TABELA 42. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	SB (sem Na)		
	cmol _c dm ⁻³		
0	0,96 Ab	2,90 Aa	1,37 Ab
200	1,01 Ab	2,90 Aa	1,39 Ab
400	1,32 Ab	2,74 Aa	1,4 Ab
600	1,34 Ab	2,61 Aa	1,11 Ab
800	1,63 Ab	2,99 Aa	1,34 Ab
Médias	1,25 b	2,83 a	1,33 b
CV (%)	35,65		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Na tabela 43 tem-se a média dos valores de soma de bases levando em conta os dois anos do experimento. Assim, nota-se que no primeiro ano, os três experimentos apresentaram valores de soma de bases que diferiram entre si, sendo LD>LS>US. Tais valores são tidos como baixos (1,42 cmol_c dm⁻³ para o experimento em linhas simples de *C. citriodora* e 0,87 cmol_c dm⁻³ para o experimento com *U. decumbens* solteira) e médio (1,99 cmol_c dm⁻³ para o experimento com linhas duplas de *C. citriodora*), de acordo com a CFSEMG (1999). No entanto, ao se analisar o segundo ano, nota-se que os valores encontrados no experimento com

linhas duplas mostraram-se melhores para a variável soma de bases, em comparação com os demais experimentos, apresentando resultados maiores. Ressalta-se, ainda, o progresso nos valores de soma de bases entre o primeiro e o segundo ano para o experimento com linhas duplas, sendo a média obtida no segundo ano igual a 3,66 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, que é considerada pelo Boletim de recomendações da CFSEMG (1999), como adequada. Já os valores encontrados no experimento com linha simples (1,08 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e o com pastagem solteira (1,78 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) são considerados baixos.

TABELA 43. Médias dos valores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	SB (sem Na)					
	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$					
0	1,12 Aa	1,91 Ba	0,87 Aa	0,79 Aa	3,90 Aa	1,87 Aa
200	1,23 Aa	2,17 Ba	1,02 Aa	0,79 Aa	3,64 Aa	1,75 Aa
400	1,46 Aa	1,82 Ba	0,88 Aa	1,18 Aa	3,66 Aa	1,96 Aa
600	1,80 Aa	1,6 Ba	0,66 Aa	0,89 Aa	3,61 Aa	1,57 Aa
800	1,51 Aa	2,46 Aa	0,92 Aa	1,74 Aa	3,52 Aa	1,76 Aa
Médias	1,42 b	1,99 a	0,87 c	1,08 c	3,66 a	1,78 b
CV (%)	35,65					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Na tabela 44 apresenta-se as médias dos valores de soma de base no solo para os três experimentos, onde se observa que o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* foi o que apresentou os melhores resultados de soma de bases (2,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), sendo nivelado como médio pela CFSEMG (1999). Os valores encontrados para o experimento com linhas simples de *C. citriodora* (0,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e *U. decumbens* solteira (0,81 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) não diferiram e são tidos como baixos para os valores de soma de bases, de acordo com os parâmetros da CFSEMG (1999).

TABELA 44. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	SB (sem Na)		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	0,73 Ab	2,66 Aa	0,68 Ab
200	0,72 Ab	2,75 Aa	0,75 Ab
400	0,92 Ab	2,39 Ba	0,93 Ab
600	0,98 Ab	2,19 Ba	0,86 Ab
800	1,15 Ab	3,05 Aa	0,85 Ab
Médias	0,90 b	2,61 a	0,81 b
CV (%)	26,29		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando os anos separadamente, é possível notar que, assim como para a profundidade anterior (0,0-0,20m), na Tabela 45 também se observou um aumento nos teores de soma de bases do ano 1 para o ano 2, no experimento com linhas duplas de *C. citriodora*. Apesar de ambos os valores estarem no nível médio para soma de bases, de acordo com a CFSEMG (1999) ($2,00 cmol_c dm^{-3}$ para o primeiro ano e $3,22 cmol_c dm^{-3}$ para o segundo ano), nota-se uma evolução nos teores de soma de bases após dois anos de aplicação de ARS ao solo neste arranjo. Ainda, no ano 1, os três experimentos mostraram-se diferentes, sendo LD>LS>US, já no segundo ano, apesar dos três experimentos continuarem diferentes estatisticamente para SB, agora LD>US>LS.

TABELA 45. Médias dos valores de soma de bases no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	SB (sem Na)					
	cmolc dm ⁻³					
0	0,78 Aa	1,98 Bb	0,41 Aa	0,69 Aa	3,33 Aa	0,94 Aa
200	0,81 Aa	2,41 Ba	0,50 Aa	0,64 Aa	3,09 Aa	0,99 Aa
400	1,12 Aa	1,49 Bb	0,56 Ba	0,73 Aa	3,29 Aa	1,30 Aa
600	1,23 Aa	1,30 Bb	0,53 Aa	0,73 Aa	3,08 Aa	1,19 Aa
800	1,19 Aa	2,80 Ba	0,55 Aa	1,10 Aa	3,29 Aa	1,14 Aa
Médias	1,02 b	2,00 a	0,51 c	0,78 c	3,22 a	1,11 b
CV (%)	26,29					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

4.11 Soma de Bases (SB) – K + Ca + Mg + Na

As tabelas 44 a 49 demonstram os valores de soma de bases acrescidos do Na.

Profundidade de 0,0-0,20 m

Analisando as médias dos valores de soma de bases, agora acrescidos do sódio no cálculo (Tabela 44), é possível observar que é o experimento em linhas duplas de *C. citriodora* apresenta os melhores valores para soma de bases, quando se compara os experimentos. O experimento com linha simples de *C. citriodora*, bem como o experimento com *U. decumbens* solteira mostraram-se iguais para o parâmetro soma de bases e podem ser classificados, segundo a CFSEMG (1999), como médio. Já a média total obtida pelo experimento com linhas duplas de *C. citriodora* é igual a 3,77 cmol_c dm⁻³ e é considerada como adequada pelo mesmo boletim.

Comparando-se o resultado obtido pelo mesmo experimento (linhas duplas de *C. citriodora*, ma profundidade 0,0-0,20m) para o parâmetro soma de bases sem o sódio (Tabela 42), é possível comparar os resultados: 2,83 cmol_c dm⁻³ para a soma de bases sem sódio e 3,77 cmol_c dm⁻³ para a soma de bases com sódio, o que demonstra que a presença de sódio, nesse caso, foi importante para o aumento da soma de bases do solo, permitindo que o valor

encontrado avançasse de nível, saindo de ‘médio’ para ‘bom’, segundo a classificação CFSEMG (1999).

TABELA 46. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	SB		
	cmolc dm^{-3}		
0	1,24 Bc	3,77 Aa	2,70 Ab
200	1,62 Bb	3,86 Aa	2,50 Ab
400	2,22 Ab	3,69 Aa	2,43 Ab
600	2,42 Ab	3,67 Aa	1,84 Ab
800	2,62 Ab	3,85 Aa	2,41 Ab
Médias	2,02 b	3,77 a	2,38 b
CV (%)	32,73		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Quando se analisa os dois anos de forma separada (Tabela 47), nota-se que cada ano apresentou um comportamento para os valores de soma de bases, sendo no primeiro ano, os dois experimentos com *C. citriodora* os que obtiveram os melhores resultados para tal variável (3,68 e 3,45 cmolc dm^{-3} , para o experimento com linha simples e linha dupla, respectivamente). Já no segundo ano, os melhores valores para a soma de bases foram encontrados no experimento com linhas duplas, cuja média geral foi igual a 4,09 cmolc dm^{-3} , valor este considerado como ‘bom’, de acordo com o boletim de recomendações da CFSEMG (1999).

TABELA 47. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	SB					
	$cmolc dm^{-3}$					
0	1,43 Ab	3,40 Aa	2,63 Aa	1,29 Aa	4,16 Aa	2,77 Aa
200	2,07 Ab	3,67 Aa	2,74 Aa	1,55 Aa	4,05 Aa	2,26 Aa
400	2,75 Aa	3,20 Aa	2,24 Aa	2,20 Ba	4,18 Aa	2,63 Aa
600	3,47 Aa	3,26 Aa	1,56 Aa	1,85 Ba	4,08 Aa	2,11 Aa
800	3,01 Aa	3,71 Aa	2,53 Aa	2,70 Ba	4,00 Aa	2,29 Aa
Médias	2,55 b	3,45 a	2,34 b	1,92 b	4,09 a	2,41 b
CV (%)	32,73					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao se analisar a profundidade de 0,20 a 0,40 m, nota-se que os valores obtidos para a soma de bases foram iguais para os experimentos com linha simples de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira e diferentes dos valores obtidos para o experimento com linhas duplas de *C. citriodora*. Pode se observar, ainda, que no experimento com a LS, as menores doses de ARS (0 e 200 $m^3 ha^{-1}$) promoveram os menores valores de soma de bases (Tabela 48).

TABELA 48. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	SB		
	cmolc dm ⁻³		
0	1,20 Bb	3,23 Aa	1,41 Ab
200	1,29 Bb	3,71 Aa	1,78 Ab
400	1,74 Ab	3,16 Aa	1,70 Ab
600	2,19 Ab	3,31 Aa	1,38 Ac
800	1,82 Ab	3,31 Aa	1,66 Ab
Médias	1,58 b	3,31 a	1,58 b
CV (%)	55,79		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log SB para atender aos pressupostos da análise de variância.

Na tabela 49 é possível ressaltar que, ao se observar os dois anos em que o experimento foi analisado, nota-se que os maiores valores foram referentes ao experimento com linhas duplas, sendo os valores (3,09 e 3,55 cmol_c dm⁻³) considerados ‘médios’, de acordo com os níveis estabelecidos pela CFSEMG (1999), no entanto, no primeiro ano os valores intermediários foram encontrados no experimento com linhas simples e os valores mais baixos de SB foram encontrados no experimento com pastagem solteira (LD>LS>US). Já no segundo ano, os valores intermediários de SB referem-se ao experimento com pastagem solteira, enquanto os mais baixos foram encontrados no experimento com linha simples (LD>US>LS). Ao se observar especificamente o experimento com linhas simples de *C. citriodora*, a comparação entre o primeiro e o segundo ano demonstra que nas doses de 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹, o ano 1 apresentou resultados mais expressivos para a soma de bases e se diferiu dos encontrados no segundo ano.

TABELA 49. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	SB					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	1,29 Ab	3,09 Aa	1,29 Aa	1,12 Aa	3,31 Aa	1,55 Aa
200	1,58 Ab	3,80 Aa	1,66 Aa	1,02 Aa	3,55 Aa	1,90 Aa
400	2,34 Aa	2,81 Aa	2,34 Aa	1,32 Ba	3,47 Aa	1,86 Aa
600	3,09 Aa	2,81 Aa	1,17 Aa	1,51 Ba	3,80 Aa	1,61 Aa
800	2,75 Aa	3,02 Aa	1,35 Aa	1,20 Ba	3,56 Aa	2,04 Aa
Médias	2,09 b	3,09 a	1,41 c	1,23 c	3,55 a	1,78 b
CV (%)	55,79					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log SB para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Na tabela 50, tem-se os valores de soma de bases com sódio para a profundidade de 0,40 a 0,60 m. Nota-se aqui que o experimento com linhas duplas apresenta, também, uma média de valores de soma de bases mais alta, em comparação com os demais experimentos, cujos resultados não diferiram. Observa-se, ainda, que para o experimento em linha simples, as menores doses (0 e 200 $m^3 ha^{-1}$) promoveram as menores média de soma de bases, em comparação com as obtidas nas demais doses.

TABELA 50. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	SB		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	0,88 Bb	3,28 Aa	1,25 Ab
200	1,02 Bb	3,20 Aa	1,19 Ab
400	1,37 Ab	2,92 Aa	1,28 Ab
600	1,56 Ab	2,96 Aa	1,23 Ab
800	1,59 Ab	3,50 Aa	1,28 Ab
Médias	1,28 b	3,17 a	1,25 b
CV (%)	15,70		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em Raiz SB para atender aos pressupostos da análise de variância.

Ainda, ao se observar os dois anos de forma distinta (Tabela 51), nota-se que os valores de soma de bases obtidos são diferentes para cada experimento, mas, no primeiro ano, a posição dos experimentos quanto aos teores de soma de base são: LD>LS>US. Já para o segundo ano, os experimentos com linha simples de *C. citriodora* foi que apresentou os menores valores de soma de bases, sendo a ordem agora igual a LD>US>LS.

Apenas os valores encontrados para o arranjo com linhas duplas foi considerado ‘médio’, de acordo com a 5ª aproximação (entre 1,8 e 3,6 $cmol_c dm^{-3}$), os demais resultados são tidos como ‘baixos’.

TABELA 51. Médias dos valores de soma de bases (com sódio) no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	SB					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	0,88 Ab	2,99 Aa	1,25 Aa	0,86 Aa	3,57 Aa	1,23 Aa
200	0,98 Ab	3,13 Aa	1,04 Aa	1,06 Aa	3,28 Aa	1,35 Aa
400	1,72 Aa	2,28 Ba	0,90 Aa	1,06 Aa	3,65 Aa	1,69 Aa
600	2,10 Aa	2,59 Aa	0,90 Ba	1,12 Ba	3,39 Aa	1,59 Aa
800	1,72 Aa	3,42 Aa	1,06 Aa	1,46 Aa	3,53 Aa	1,54 Aa
Médias	1,44 b	2,89 a	1,04 c	1,10 c	3,50 a	1,46 b
CV (%)	15,70					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log SB para atender aos pressupostos da análise de variância.

Portanto, os valores de SB, principalmente no experimento com linha simples, aumentaram com a aplicação de diferentes doses de ARS. Tais resultados corroboram com Queiroz et al. (2004) que, aplicando esterco líquido de suínos em um solo cultivado com diferentes gramíneas forrageiras, observaram um aumento na soma de bases, principalmente devido ao aumento de potássio.

Além disso, os valores de SB diminuíram com o aumento da profundidade, o que demonstra que a maioria dos nutrientes se concentra na camada mais superficial do solo.

A soma de bases foi influenciada pelo tempo de aplicação, ou seja, houve um aumento nos teores de soma de bases do primeiro para o segundo ano, principalmente nos experimentos com linhas duplas e pastagem solteira. Tais resultados concordam com Queiroz et al. (2004), que observaram um enriquecimento do solo que recebeu o esterco líquido de suínos, com aumentos na acidez, soma de bases e CTC. Já os resultados obtidos por Homem et al. (2014) mostram-se contrários, visto que, para a SB, as aplicações da ARS no solo promoveram diminuição nos teores no final do experimento e esta diminuição se deve à redução dos nutrientes no solo, que influenciam diretamente neste parâmetro.

4.12 Alumínio (Al)

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao se analisar o parâmetro Al, é possível observar que, para a profundidade de 0,20 e 0,40 m, os três experimentos apresentam diferentes valores para a variável. O experimento com *U. decumbens* solteira foi o que promoveu as maiores taxas de Al no solo ($0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo seguido dos valores do experimento com linha simples de *C. citriodora* ($0,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O experimento com linhas duplas de *C. citriodora* foi o que apresentou os menores teores de Al, iguais a $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. De acordo com o boletim de recomendações (CFSEMG, 1999), os valores adequados para essa variável devem estar abaixo de $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Assim, a média dos valores de Al para o experimento com linhas duplas foi o que gerou os valores mais adequados para esse parâmetro (Tabela 52).

TABELA 52. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Al $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
0	0,44 Aa	0,25 Ab	0,51 Ba
200	0,48 Aa	0,11 Ab	0,49 Ba
400	0,42 Ab	0,17 Ac	0,69 Aa
600	0,33 Ab	0,17 Ab	0,69 Aa
800	0,42 Ab	0,21 Ac	0,64 Aa
Médias	0,42 b	0,18 c	0,60 a
CV (%)	49,30		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Quando se observa o comportamento da variável Al nos dois anos em que o experimento foi conduzido, de forma separada (Tabela 53), pode-se notar que no primeiro ano, apenas o experimento com *U. decumbens* solteira apresentava valores de Al acima do adequado pela CFSEMG (1999). No entanto, no segundo ano do experimento, os valores de Al no experimento com linhas simples de *C. citriodora* aumentaram em todas as doses de ARS aplicadas ao solo, o que fez com que apenas o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* apresentasse valores de Al dentro do apropriado, de acordo com a 5ª aproximação (CFSEMG, 1999).

TABELA 53. Médias dos valores de soma de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	Al					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	0,20 Ba	0,34 Aa	0,59 Aa	0,68 Aa	0,17 Aa	0,42 Aa
200	0,27 Ba	0,15 Aa	0,55 Aa	0,69 Aa	0,07 Aa	0,42 Aa
400	0,20 Ba	0,19 Aa	0,61 Aa	0,64 Aa	0,15 Aa	0,77 Aa
600	0,10 Ba	0,14 Aa	0,77 Aa	0,56 Aa	0,20 Aa	0,60 Aa
800	0,10 Ba	0,12 Aa	0,66 Aa	0,75 Aa	0,30 Aa	0,62 Aa
Médias	0,17 b	0,19 b	0,64 a	0,66 a	0,18 b	0,57 a
CV (%)	49,30					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Assim como observado na tabela 52, para a profundidade de 0,20 a 0,40 m, para a profundidade de 0,40 a 0,60 m (Tabela 54), os valores de Al se mantiveram diferentes nos três experimentos, sendo o experimento com pastagem solteira o que promoveu os maiores valores para Al, seguido do experimento em linhas simples, com valores intermediários de Al e por fim, o experimento com linhas duplas, que apresentou com menores valores de Al, sendo sua média geral ($0,22 cmol_c dm^{-3}$) ainda adequada, de acordo com os parâmetros de fertilidade do solo estabelecidos pela CFSEMG (1999). As médias 0,40 e 0,64 $cmol_c dm^{-3}$ estão acima do adequado para o Al no solo.

TABELA 54. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Al		
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
0	0,47 Aa	0,36 Aa	0,61 Aa
200	0,41 Aa	0,17 Ab	0,59 Aa
400	0,37 Ab	0,11 Ac	0,61 Aa
600	0,38 Ab	0,26 Ab	0,69 Aa
800	0,37 Ab	0,20 Ab	0,71 Aa
Médias	0,40 b	0,22 c	0,64 a
CV (%)	42,65		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Também de acordo com o que foi encontrado para a profundidade de 0,20 a 0,40 m, na tabela 55 é possível observar que os valores de Al no experimento com linhas simples de *C. citriodora* aumentaram em praticamente todas as doses de ARS do ano de 2015 para o ano de 2016. No primeiro ano, as médias de Al dos experimentos com *C. citriodora* em linhas simples e duplas estavam dentro do adequado ($< 0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), tal como proposto pela CFSEMG (1999). No entanto, ao se analisar o segundo ano do experimento, nota-se que apenas o arranjo com linhas duplas de *C. citriodora* manteve a média para Al dentro do que é aceito pela 5ª aproximação.

TABELA 55. Médias dos valores de alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 – 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
	Al					
m ³ ha ⁻¹	cmol _c dm ⁻³					
0	0,25 Ba	0,52 Aa	0,75 Aa	0,70 Aa	0,20 Ba	0,47 Aa
200	0,31 Aa	0,22 Ab	0,71 Aa	0,51 Aa	0,12 Aa	0,47 Aa
400	0,17 Ba	0,12 Ab	0,69 Aa	0,56 Aa	0,10 Aa	0,52 Aa
600	0,10 Ba	0,22 Ab	0,69 Aa	0,66 Aa	0,30 Aa	0,70 Aa
800	0,10 Ba	0,12 Ab	0,71 Aa	0,65 Aa	0,27 Aa	0,70 Aa
Médias	0,19 b	0,24 b	0,71 a	0,62 a	0,20 b	0,57 a
CV (%)	42,65					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Embora os valores encontrados para Al estejam, em sua maioria, acima do adequado pela CFSEMG (1999), nota-se que os valores obtidos para Al em todas as doses de ARS aplicadas não diferiram da dose testemunha (0 m³ ha⁻¹). Isso pode ser explicado pelos altos teores de Al presentes em solos do cerrado.

4.13 Saturação por Alumínio (m%)

Profundidade de 0,0-0,20 m

A saturação por alumínio indica o teor de alumínio trocável no solo, ou seja, quanto o alumínio trocável ocupa da CTC efetiva. Dessa forma, ao se observar a tabela 56 é possível notar que os valores de saturação por alumínio são menores para o experimento com linhas duplas de *C. citriodora*, enquanto os maiores valores estão relacionados aos experimentos com linha simples e pastagem solteira, que apresentaram valores iguais para a variável m. As médias gerais obtidas para todos os experimentos são consideradas adequadas para a saturação por alumínio que, de acordo com a CFSEMG (1999), devem estar abaixo de 20%. Ainda, no experimento com linhas simples tem-se as maiores médias para m no solo encontradas onde se aplicou as menores doses de ARS (0 e 200 m³ ha⁻¹).

TABELA 56. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	M		
	%		
0	26,94 Aa	6,76 Ab	12,74 Ab
200	24,40 Aa	4,16 Ab	13,84 Aa
400	13,69 Ba	2,59 Ab	17,56 Aa
600	14,59 Bb	4,45 Ac	26,21 Aa
800	12,82 Ba	2,50 Ab	19,80 Aa
Médias	18,06 a	3,96 b	17,72 a
CV (%)	34,99		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em Raiz m para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se observa o desempenho de cada ano de forma independente (Tabela 57), nota-se que, no experimento com linha simples de *C. citriodora*, houve um aumento nos teores de saturação por alumínio do primeiro para o segundo ano, onde o valor geral encontrado passou de 6,66% para 34,93%, atingindo um índice considerado alto para m, segundo a 5ª aproximação. Os demais experimentos apresentam valores adequados para a saturação por bases nos dois anos analisados.

TABELA 57. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	m					
	%					
0	13,03 Ba	6,86 Aa	12,39 Aa	45,70 Aa	6,66 Aa	13,03 Aa
200	10,63 Ba	7,67 Aa	15,05 Aa	43,82 Aa	1,69 Aa	12,60 Aa
400	4,62 Ba	3,76 Aa	22,00 Aa	27,56 Aa	1,61 Aa	13,69 Aa
600	4,00 Ba	5,86 Aa	29,59 Aa	31,81 Aa	3,24 Aa	22,94 Aa
800	3,50 Ba	2,59 Aa	18,15 Aa	27,88 Aa	2,40 Aa	21,53 Aa
Médias	6,66 b	5,15 b	19,01 a	34,93 a	2,92 c	16,48 b
CV (%)	34,99					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em Raiz m para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Na tabela 58, pode-se observar que o menor valor para a saturação por alumínio é encontrado no experimento com linhas duplas de *C. citriodora*, cuja média dos valores é igual a 5,28%. Valores tidos como adequados para a saturação por alumínio devem estar abaixo de 20%, segundo boletim de recomendações (5ª aproximação) da CFSEMG (1999). Nota-se, portanto, que a média geral de saturação por alumínio obtida nos experimentos com linha simples de *C. citriodora* (22,17%) e com *U. decumbens* solteira (28,06%) demonstram exceder o valor adequado.

TABELA 58. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	m		
	%		
0	25,27 Aa	6,63 Ab	26,57 Aa
200	27,77 Aa	2,49 Ab	22,96 Aa
400	20,71 Aa	5,44 Ab	28,99 Aa
600	15,09 Ab	5,19 Ab	33,40 Aa
800	22,00 Aa	5,63 Ab	28,36 Aa
Médias	22,17 b	5,28 c	28,06 a
CV (%)	55,15		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Ao se analisar a saturação por alumínio nos dois anos do experimento (Tabela 59), observa-se que no primeiro ano, os dois experimentos com *C. citriodora* apresentavam uma média de valores para m adequada (9,03 e 5,92%). No entanto, no segundo ano, apenas os valores encontrados no experimento com linhas duplas permanece como adequado para a saturação por alumínio (4,64%). Nota-se um aumento na saturação por alumínio do experimento com linhas simples de *C. citriodora*, do primeiro para o segundo ano. A média sai de um nível considerado adequado (9,03%) e atinge um valor limitante (35,30%), no que diz respeito ao desenvolvimento e produtividade das plantas, assim como os encontrados tanto no primeiro como no segundo ano no experimento com *U. decumbens* solteira, cujas médias de m foram 31,91 e 24,20%, para o ano 1 e 2, respectivamente.

TABELA 59. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	m					
	%					
0	12,90 Ba	8,52 Aa	31,84 Aa	37,65 Aa	4,73 Aa	21,30 Aa
200	15,47 Ba	4,96 Aa	26,27 Aa	40,07 Aa	2,02 Aa	19,65 Aa
400	9,30 Ba	6,91 Aa	28,82 Aa	32,12 Aa	3,96 Aa	29,16 Aa
600	3,25 Ba	5,47 Aa	39,60 Aa	26,92 Aa	4,92 Aa	27,20 Aa
800	4,25 Ba	3,71 Aa	33,01 Aa	39,75 Aa	7,55 Aa	23,70 Aa
Médias	9,03 b	5,92 b	31,91 a	35,30 a	4,64 c	24,20 b
CV (%)	55,15					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Ao analisar a profundidade de 0,40 a 0,60 m para o parâmetro saturação por alumínio (Tabela 60), se ressalta que as médias encontradas para os experimentos com linha simples pastagem solteira estão acima do adequado para a saturação por alumínio, segundo a 5ª aproximação (CFSEMG, 1999). Nota-se ainda que, no experimento com linhas duplas, a média de m para todas as doses de ARS são tidas como adequadas. Já no experimento com linhas simples, apenas os valores de m encontrados nas maiores doses de ARS (0 e 200 $m^3 ha^{-1}$) estão dentro do ideal recomendado pela 5ª aproximação (<20%).

TABELA 60. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	m		
	%		
0	33,35 Aa	9,73 Ab	32,62 Aa
200	29,29 Aa	4,70 Ab	33,60 Aa
400	22,39 Bb	4,17 Ac	33,83 Aa
600	20,19 Bb	8,12 Ac	37,48 Aa
800	19,64 Bb	5,13 Ac	35,84 Aa
Médias	24,97 b	6,37 c	34,67 a
CV (%)	44,31		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Assim como na tabela 59, nesta profundidade (0,40 a 0,60 m) os valores de saturação por alumínio (Tabela 61), no primeiro ano, apresentaram-se em concordância com a CFSEMG (1999) nos experimentos com *C. citriodora* em linhas simples e duplas (14,08 e 7,55%, respectivamente). No entanto, em comparação com o segundo ano, nota-se, também, um aumento nos valores de m no experimento com linha simples, cuja média avançou de 14,08% para 35,86%, saindo de um nível adequado para um nível preocupante, assim como os valores de m no experimento com pastagem solteira nos dois anos (41,42 e 27,93%, para o ano 1 e 2, respectivamente). Para o segundo ano, apenas os valores de saturação por alumínio obtidos do experimento com linhas duplas está dentro do estipulado pela CFSEMG (1999).

TABELA 61. Médias dos valores de saturação por alumínio no solo, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 – 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	m					
	%					
0	22,90 Ba	14,26 Aa	38,21 Aa	43,80 Aa	5,21 Aa	27,02 Aa
200	25,45 Aa	5,99 Aa	40,94 Aa	33,12 Aa	3,41 Aa	26,26 Ba
400	10,92 Bb	5,70 Aa	43,40 Aa	33,85 Aa	2,64 Aa	24,27 Ba
600	8,20 Bb	4,87 Aa	44,06 Aa	35,50 Aa	8,03 Aa	30,89 Aa
800	6,26 Bb	3,60 Aa	40,47 Aa	33,02 Aa	6,65 Aa	31,20 Aa
Médias	14,08 b	7,55 c	41,42 a	35,86 a	5,19 c	27,93 b
CV (%)	44,31					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Dessa forma, observa-se que, assim como foi notado no parâmetro Al, tem-se para a variável m um incremento nos valores do primeiro para o segundo ano no experimento com linha simples. Ainda, para o experimento com linha simples na profundidade 0,0-0,20 m e 0,40-0,60 m encontrou-se valores menores para m quando se aplicou as maiores doses de ARS (400, 600 e 800 m³ ha⁻¹). No entanto, de forma geral, os valores de m se mantiveram constantes com a aplicação de ARS, não diferindo da dose testemunha, o que demonstra que mesmo antes da aplicação os valores de m, relacionados diretamente com os teores de Al, já eram altos e, em alguns casos, a aplicação promoveu a redução desses valores.

Tais resultados concordam com Cabral et al. (2011), que, trabalhando com capim-elefante em um Latossolo Vermelho distrófico no Estado do Paraná, verificaram um valor médio do Al³⁺ do solo antes de se aplicar ARS de 7,0 mg L⁻¹ e, após sua aplicação, o valor foi de 3,5 mg L⁻¹, o que gerou também a diminuição na saturação por alumínio.

4.14 Capacidade de troca de cátions efetiva (t)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Analisando os valores de capacidade de troca de cátions efetiva, na profundidade de 0,0 a 0,20 m (Tabela 62), se observa que os maiores valores encontrados para t referem-se ao

experimento com linhas duplas de *C. citriodora* (média igual a 3,98 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). No entanto, de acordo com as recomendações da 5ª aproximação, os valores considerados ‘bons’ para a CTC efetiva concentram-se entre 4,61 e 8,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Assim, a média dos valores obtidos em todos os experimentos, concentra-se no nível ‘médio’ (entre 2,31 e 4,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) do boletim de recomendações da CFSEMG (1999).

TABELA 62. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	t		
	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$		
0	1,76 Bc	4,15 Aa	3,09 Ab
200	2,16 Bb	4,05 Aa	2,91 Ab
400	2,61 Ab	3,83 Aa	2,94 Ab
600	2,81 Ab	3,86 Aa	2,50 Ab
800	3,01 Ab	4,01 Aa	2,96 Ab
Médias	2,47 c	3,98 a	2,88 b
CV (%)	27,46		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Considerando a tabela 63, onde se apresenta os valores de CTC efetiva separando os dois anos, também é possível notar que, nos três experimentos, independente do ano analisado, as médias dos valores de CTC efetiva estão entre 2,32 e 4,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, que é considerada pela CFSEMG (1999) como um valor ‘médio’ para a CTC efetiva, com excessão da média obtida pelo experimento com linha simples no segundo ano, cujo valor encontrado foi de 2,23 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, que é considerado ‘baixo’.

TABELA 63. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	t					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	1,66 Ab	3,81 Aa	3,03 Aa	1,87 Aa	4,48 Aa	3,15 Aa
200	2,29 Ab	3,96 Aa	2,29 Aa	2,02 Aa	4,15 Aa	2,61 Aa
400	2,87 Aa	3,38 Aa	2,82 Aa	2,35 Aa	4,28 Aa	3,05 Aa
600	3,62 Aa	3,46 Aa	2,21 Aa	1,99 Ba	4,26 Aa	2,79 Aa
800	3,11 Aa	3,86 Aa	3,07 Aa	2,90 Aa	4,15 Aa	2,84 Aa
Médias	2,71 b	3,69 a	2,87 b	2,23 c	4,26 a	2,89 b
CV (%)	27,46					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Avaliando os valores de CTC efetiva para a profundidade 0,20-0,40 m (Tabela 64), é possível observar que os experimentos em linhas simples e pastagem solteira apresentam resultados iguais para tal parâmetro e diferem do experimento com linhas duplas, que apresentou os maiores resultados para a CTC efetiva. No entanto, cabe ressaltar que mesmo apresentando os maiores resultados para CTC efetiva, seu valor ainda é considerado ‘médio’, de acordo com a 5ª aproximação. Os experimentos em linha simples e com pastagem solteira apresenta os menores resultados para a CTC efetiva e podem ser classificados como ‘baixos’ pela CFSEMG (1999).

TABELA 64. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	t		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	1,70 Bb	3,47 Aa	1,95 Ab
200	1,82 Bb	3,80 Aa	2,34 Ab
400	2,24 Ab	3,31 Aa	2,45 Ab
600	2,63 Ab	3,47 Aa	2,09 Ab
800	2,45 Ab	3,47 Aa	2,34 Ab
Médias	2,14 b	3,47 a	2,24 b
CV (%)	32,61		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log t para atender aos pressupostos da análise de variância.

A média dos valores de CTC efetiva para cada ano (Tabela 65) demonstra que, nos dois anos analisados, o comportamento da CTC efetiva é o mesmo. Tanto no primeiro, como no segundo ano os maiores valores de t são encontrados no experimento com linhas duplas de *C. citriodora*. De acordo com a CFSEMG (1999), o valor encontrado no primeiro ano é considerado ‘médio’ ($3,31 cmol_c dm^{-3}$), enquanto o encontrado no segundo ano é tido como ‘bom’. Os experimentos com linhas simples de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira não diferiram para a variável, apresentando os valores mais baixos de CTC efetiva, que, nos dois anos analisados, correspondem ao nível médio estabelecido pelo boletim de recomendações da CFSEMG (1999).

TABELA 65. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	t					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	1,48 Ab	3,39 Aa	1,90 Aa	1,90 Aa	3,47 Aa	1,99 Aa
200	1,86 Ab	3,98 Aa	2,29 Aa	1,78 Aa	3,63 Aa	2,40 Aa
400	2,57 Aa	3,02 Aa	2,24 Aa	1,95 Aa	3,63 Aa	2,63 Aa
600	3,23 Aa	3,02 Aa	1,95 Aa	2,13 Aa	3,98 Aa	2,24 Aa
800	2,88 Aa	3,16 Aa	2,09 Aa	2,04 Aa	3,89 Aa	2,63 Aa
Médias	2,29 b	3,31 a	2,10 b	1,95 b	3,71 a	2,40 b
CV (%)	32,61					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log t para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Na profundidade de 0,40 a 0,60 m, já é possível observar um avanço nos valores de CTC efetiva (Tabela 66). Nas profundidades anteriores os valores se encontravam entre os níveis ‘baixo’ e ‘medio’. Nota-se aqui que, para o experimento com linhas duplas, que apresentou os melhores resultados de CTC efetiva, a média obtida é igual a 4,99 $cmol_c dm^{-3}$, considerada pela 5ª aproximação como ‘boa’ para o parâmetro t. Os experimentos com linha simples e pastagem solteira apresentaram valores iguais a 3,10 e 3,60 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente, que correspondem ao nível ‘médio’ estabelecido pela CFSEMG (1999).

TABELA 66. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	t		
	cmol _c dm ⁻³		
0	2,68 Bc	4,97 Aa	3,52 Ab
200	2,77 Bc	4,99 Aa	3,55 Ab
400	3,35 Ab	4,72 Aa	3,67 Ab
600	3,08 Bb	4,85 Aa	3,46 Ab
800	3,60 Ab	5,39 Aa	3,79 Ab
Médias	3,10 c	4,99 a	3,60 b
CV (%)	17,63		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Na tabela 67 observa-se que, no primeiro ano o experimento com linhas duplas apresentou os melhores resultados de t, seguidos dos experimentos com linha simples e pastagem solteira que não diferiram para tal variável. No segundo ano, os três arranjos comportaram-se de forma diferente, sendo: LD>US>LS. No entanto, observando-se as médias de CTC efetiva obtidas nos dois anos, nota-se que apenas o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* no segundo ano (com média de CTC efetiva iguais a 5,71 cmol_c dm⁻³) atingiu o intervalo estabelecido como adequado pela CFSEMG (1999), entre 4,61 e 8,00 cmol_c dm⁻³.

TABELA 67. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions efetiva, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
	t					
m ³ ha ⁻¹	cmol _c dm ⁻³					
0	2,64 Aa	4,34 Ba	3,14 Aa	2,73 Ab	5,60 Aa	3,90 Aa
200	2,63 Aa	4,63 Aa	2,87 Ba	2,90 Ab	5,36 Aa	4,22 Aa
400	3,61 Aa	3,62 Ba	2,77 Ba	3,08 Ab	5,82 Aa	4,56 Aa
600	3,50 Aa	4,00 Ba	2,76 Ba	2,66 Ab	5,71 Aa	4,17 Aa
800	2,94 Ba	4,74 Ba	3,32 Aa	4,27 Aa	6,04 Aa	4,26 Aa
Médias	3,06 b	4,27 a	2,97 b	3,13 c	5,71 a	4,22 b
CV (%)	17,63					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Ao se analisar os valores de t nas três profundidades analisadas, é possível observar que os maiores valores de t são encontrados na camada mais inferior (0,40-0,60m). Visto que os valores de soma de bases diminuem com o aumento da profundidade, nota-se aqui o prodomínio do Al, que foi encontrado em grandes quantidades em todas as profundidades. Ainda, quando se compara o primeiro e o segundo ano de avaliação, nota-se maiores resultados de t no segundo ano, o que demonstra que a aplicação de ARS promoveu aumento nos valores de t, principalmente porque promoveu aumento nos teores de soma de bases. Pereira Junior (2016), avaliando a aplicação de diferentes doses de ARS em solo com *C. citriodora*, observou que a capacidade de troca de cátions efetiva (CTC-t) apresentou crescimento linear em ambos os pontos de coleta (linha de plantio e projeção da copa).

4.15 Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T)

Profundidade de 0,0-0,20 m

Na tabela 68 tem-se os valores obtidos para a CTC a pH 7,0 na profundidade de 0,0 a 0,20 m. Nota-se que o experimento com linhas duplas de *C. citriodora* foi o que apresentou os maiores valores de T nessa profundidade. No entanto, o valor médio de 5,75 cmol_c dm⁻³ encontrado nesse experimento, como a média de 4,78 cmol_c dm⁻³ encontrada no experimento

com pastagem solteira demonstram que os valores obtidos são considerados ‘médios’ (entre 4,31 e 8,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), enquanto o valor de 4,07 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ obtido no experimento com linha simples é tido como baixo (entre 1,61 e 4,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), de acordo com a 5ª aproximação.

TABELA 68. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,0-0,20m.

Dose	LS	LD	US
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	T		
	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$		
0	3,02 Bb	5,89 Aa	5,01 Aa
200	5,24 Aa	5,75 Aa	4,79 Aa
400	4,07 Aa	5,49 Aa	4,79 Aa
600	4,17 Ab	5,62 Aa	4,36 Aa
800	4,36 Aa	5,75 Aa	4,79 Aa
Médias	4,07 c	5,75 a	4,79 b
CV (%)	16,19		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log T para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se avalia os dois anos de forma separada (Tabela 69), é possível notar que no primeiro ano, os três experimentos apresentaram valores iguais para CTC a pH 7,0. No entanto, ao se analisar o segundo ano, observa-se que os maiores valores de CTC a pH 7,0 foram obtidos no experimento com linhas duplas de *C. citriodora*. Ressalta-se que, os valores de T obtidos por cada experimento, nos dois anos atingiram os níveis ‘baixo’ (3,71 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para a linha simples do segundo ano) e ‘médio’, de acordo com a CFSEMG (1999).

TABELA 69. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,0-0,20m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	T					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	2,95 Ab	4,90 Ba	4,57 Aa	3,16 Aa	7,08 Aa	5,37 Aa
200	6,02 Aa	5,13 Aa	4,57 Aa	4,57 Aa	6,61 Aa	4,90 Aa
400	4,47 Aa	4,47 Ba	3,98 Aa	3,63 Aa	6,76 Aa	5,75 Aa
600	5,13 Aa	4,47 Ba	3,89 Aa	3,39 Ba	6,92 Aa	5,01 Aa
800	4,57 Aa	5,01 Aa	4,36 Aa	4,17 Aa	6,46 Aa	5,25 Aa
Médias	4,47 a	4,78 a	4,26 a	3,71 c	6,76 a	5,25 b
CV (%)	16,19					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log T para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Nesta profundidade (Tabela 70) se nota que os maiores valores para CTC a pH 7,0 são provenientes do experimento com linhas duplas de *C. citriodora*. No entanto, ao se comparar a média dos três experimentos com os intervalos propostos pela 5ª aproximação, tem-se que tais valores também são considerados ‘baixos’ ou ‘médios’, abrangendo o intervalo de 1,61 a 4,30 $cmol_c dm^{-3}$ ou 4,31 a 8,60 $cmol_c dm^{-3}$.

TABELA 70. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	T		
	$cmol_c dm^{-3}$		
0	3,09 Bb	5,01 Aa	3,55 Ab
200	3,16 Bc	5,75 Aa	4,07 Ab
400	3,55 Ab	5,13 Aa	4,17 Ab
600	4,07 Ab	5,50 Aa	3,55 Ab
800	3,89 Ab	5,37 Aa	4,07 Ab
Médias	3,55 b	5,37 a	3,89 b
CV (%)	15,41		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses. Valores transformados em log T para atender aos pressupostos da análise de variância.

Quando se observa os valores de CTC a pH 7,0 nos dois anos de estudo de forma separada (Tabela 71), nota-se que, nos dois anos, os maiores valores de T foram encontrados no experimento com *C. citriodora* em linhas duplas. Porém, as médias encontradas estão nos níveis ‘baixo’ e ‘médio’ de acordo com os parâmetros de fertilidade do solo propostos pela CFSEMG (1999).

TABELA 71. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	T					
	$cmol_c dm^{-3}$					
0	2,95 Ab	4,57 Aa	3,23 Aa	3,23 Aa	5,62 Aa	3,89 Aa
200	2,95 Ab	5,49 Aa	3,71 Aa	3,31 Aa	5,89 Aa	4,36 Aa
400	4,07 Aa	4,47 Aa	3,55 Aa	3,09 Aa	6,02 Aa	4,90 Aa
600	4,68 Aa	4,36 Ba	3,09 Aa	3,47 Aa	6,76 Aa	4,07 Aa
800	4,07 Aa	4,47 Ba	3,31 Ba	3,63 Aa	6,46 Aa	4,90 Aa
Médias	3,71 b	4,68 a	3,38 b	3,38 b	6,16 a	4,36 b
CV (%)	15,41					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada. Valores transformados em log T para atender aos pressupostos da análise de variância.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Para a profundidade de 0,40 a 0,60 m (Tabela 72), os valores de CTC a pH 7,0 foram maiores no experimento com linhas duplas. No entanto, diferente do ocorrido nas demais profundidades, aqui as médias obtidas para os três experimentos não ultrapassam o nível ‘baixo’ (entre 1,61 e 4,30 $cmol_c dm^{-3}$), proposto pela 5ª aproximação (CFSEMG, 1999).

TABELA 72. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,40-0,60m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	T		
	cmol _c dm ⁻³		
0	1,38 Bb	3,66 Aa	1,91 Ab
200	1,47 Bb	3,41 Aa	1,80 Ab
400	1,82 Ab	3,12 Aa	1,95 Ab
600	2,02 Ab	3,28 Aa	1,98 Ab
800	2,05 Ab	3,73 Aa	2,02 Ab
Médias	1,75 b	3,44 a	1,93 b
CV (%)	25,12		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Assim como foi visto na tabela 72, o se observar os anos separadamente (Tabela 73), ainda se observa que independente do ano ou do experimento, a média dos valores obtidos para CTC a pH 7,0 é considerada ‘baixa’ de acordo com o boletim de recomendações (CFSEMG, 1999).

TABELA 73. Médias dos valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,40-0,60m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	T					
	cmol _c dm ⁻³					
0	1,16 Ab	3,54 Aa	2,09 Aa	1,60 Aa	3,78 Aa	1,72 Aa
200	1,32 Ab	3,40 Aa	1,78 Aa	1,62 Aa	3,40 Aa	1,82 Aa
400	1,99 Aa	2,47 Bb	1,61 Aa	1,64 Aa	3,77 Aa	2,29 Aa
600	2,25 Aa	2,85 Bb	1,62 Aa	1,80 Aa	3,70 Aa	2,34 Aa
800	1,89 Aa	3,62 Aa	1,81 Aa	2,22 Aa	3,84 Aa	2,24 Aa
Médias	1,72 b	3,18 a	1,78 b	1,78 b	3,70 a	2,08 b
CV (%)	25,12					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Os valores de T apresentam um comportamento parecido com os valores encontrados

para a soma de bases. Nota-se que a aplicação de diferentes doses de ARS promoveram aumento nos teores de T, principalmente no experimento com linha simples. Assim como foi encontrado para SB, os maiores valores de T foram observados na camada mais superficial e aumentaram em função do tempo de avaliação. No entanto, os valores encontrados para CTC a pH 7,0 foram considerados baixos e indicam possivelmente uma baixa atividade da argila no solo. Pereira Junior (2016), trabalhando com ARS aplicada em solo com *C. citriodora*, observou que a capacidade de troca de cátions potencial (CTC-T) apresentou crescimento linear em ambos os pontos de coleta (linha de plantio e projeção da copa).

4.16 Saturação por bases (V%)

A saturação por base indica quanto das cargas negativas do solo estão ocupadas por bases, dessa forma é um indicador muito importante da fertilidade do solo.

Profundidade de 0,20-0,40 m

Ao analisar os valores obtidos para a saturação por bases na profundidade de 0,2-0,40m (Tabela 74), podemos observar que cada experimento alcançou valores distintos para o V%, sendo os maiores resultados obtidos pelo experimento com linhas duplas de *C. citriodora*, cuja média geral foi igual a 62,68% e mostra-se adequada para os níveis de saturação por bases propostos pela CFSEMG (1999). Os valores obtidos pelo experimento com linhas simples de *C. citriodora* ficaram em posição intermediária (48,45 %), seguido dos valores encontrados pelo experimento com pastagem solteira (41,73%), que apresentou os piores valores para a saturação por bases. Ambos os valores se encontram no nível 'médio', conforme os parâmetros de fertilidade do solo para Minas Gerais (5ª aproximação).

TABELA 74. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	V		
	%		
0	41,14 B	63,45 A	40,68 A
200	43,54 B	65,07 A	45,29 A
400	50,21 A	61,36 A	41,22 A
600	55,89 A	61,23 A	39,68 A
800	51,47 A	62,28 A	41,76 A
Médias	48,45 b	62,68 a	41,73 c
CV (%)	19,07		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando os dois anos do experimento de forma separada (Tabela 75), pode-se ter um conhecimento maior a respeito do comportamento da saturação por bases ao longo dos dois anos, onde se observa que no primeiro ano, o experimento com linhas simples apresentou melhores resultados para o V%, em comparação com os obtidos no segundo ano, onde sua média geral no primeiro ano era de 58,26%, considerada como ‘média’ pela 5ª aproximação e, no segundo ano, cai para 38,63%, considerada como ‘baixa’ pelos mesmos parâmetros. Já o experimento em linhas duplas sai do nível ‘bom’, no primeiro ano (67,35%) para o nível ‘médio’ (58,01%) no segundo ano. O experimento com pastagem solteira manteve os valores para soma de bases, tanto no primeiro como no segundo ano, como ‘médios’, de acordo com a CFSEMG (1999).

TABELA 75. Médias dos valores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
$m^3 ha^{-1}$	V					
	%					
0	44,60 Ab	67,22 Aa	41,15 Aa	37,67 Aa	59,69 Aa	40,21 Aa
200	54,47 Ab	70,14 Aa	46,32 Aa	32,60 Ba	59,99 Aa	44,26 Aa
400	57,57 Ab	64,42 Aa	44,06 Aa	42,85 Ba	58,29 Aa	38,38 Aa
600	66,75 Aa	66,14 Aa	38,11 Aa	45,02 Ba	56,32 Aa	41,26 Aa
800	67,92 Aa	68,82 Aa	42,25 Aa	35,02 Ba	55,74 Aa	41,07 Aa
Médias	58,26 b	67,35 a	42,42 c	38,63 b	58,01 a	41,03 b
CV (%)	19,07					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Profundidade de 0,40-0,60 m

Na profundidade de 0,40 a 0,60 m (Tabela 76) os três diferentes experimentos apresentam valores que diferem estatisticamente para a saturação por bases, onde LD>LS>US. Além disso, as médias gerais de cada experimento são classificadas em diferentes níveis de saturação por bases propostos pela 5ª aproximação. LD apresenta os melhores resultados para V%, cuja média é 64,63% e pode ser classificada como adequada; LS apresenta um valor geral para V% igual a 42,09% e pode ser considerado como ‘médio’ e, por fim, US apresenta uma média igual 35,42%, que é entendida pela CFSEMG (1999) como ‘baixa’ para o parâmetro saturação por bases.

TABELA 76. Valores médios do somatório dos dois anos de aplicação de ARS nos teores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), para a profundidade de 0,20-0,40m.

Dose	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	V		
	%		
0	33,44 Bb	66,74 Aa	38,30 Ab
200	37,17 Bb	64,75 Aa	34,67 Ab
400	41,62 Ab	63,26 Aa	35,30 Ab
600	51,05 Ab	62,49 Aa	36,06 Ac
800	47,15 Ab	65,90 Aa	34,80 Ac
Médias	42,09 b	64,63 a	35,42 c
CV (%)	17,24		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre os arranjos e letras maiúsculas a comparação entre as doses.

Analisando os anos separadamente (Tabela 77), observa-se que para o primeiro e segundo ano do experimento observou-se valores tidos como adequados (entre 60 e 80 %) para a saturação por bases (CFSEMG, 1999) apenas nos experimentos com linhas duplas de *C. citriodora*.

TABELA 77. Médias dos valores de saturação por bases, sob três diferentes arranjos experimentais, linha simples (LS) e linhas duplas (LD) de *C. citriodora* e *U. decumbens* solteira (US), com aplicação de diferentes doses de ARS em dois anos de experimento (P= 0,20-0,40m).

Dose	Ano 1 - 2015			Ano 2 - 2016		
	LS	LD	US	LS	LD	US
m ³ ha ⁻¹	V					
	%					
0	34,35 Ac	69,46 Aa	40,61 Aa	32,62 Aa	64,02 Aa	31,99 Aa
200	37,15 Ac	68,00 Aa	37,34 Aa	37,20 Aa	61,50 Aa	31,99 Aa
400	47,70 Ab	63,44 Aa	33,04 Aa	35,55 Ba	63,07 Aa	37,55 Aa
600	59,95 Aa	65,17 Aa	33,48 Aa	42,15 Ba	59,81 Aa	38,63 Aa
800	58,70 Aa	72,88 Aa	33,47 Aa	35,60 Ba	58,93 Ba	36,13 Aa
Médias	47,55 b	67,79 a	35,59 c	36,62 b	61,47 a	35,26 b
CV (%)	17,24					

Valores seguidos por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. Letras minúsculas referem-se à comparação entre as doses e letras maiúsculas a comparação entre os dois anos para cada arranjo, observando-os de forma separada.

Os valores de V mostraram-se menores com o tempo de aplicação, ou seja, os maiores valores de V foram encontrados no primeiro ano do experimento, tal como o encontrado por

Homem et al. (2014), onde as aplicações da ARS no solo promoveram diminuição nos teores de V no final do experimento (138 dias). Isso pode ser explicado pelos teores de CTC a pH 7,0 (T), que foram maiores no segundo ano do estudo e fizeram com que a relação SB/T, que corresponde ao V, fosse menor.

5 CONCLUSÕES

As aplicações da água residuária da suinocultura geraram aumento nos teores de nutrientes no primeiro ano de avaliação, principalmente na camada mais superficial do solo.

Houve diminuição dos nutrientes Na, Mg, K, P, Zn e Cu no segundo ano de avaliação, uma vez que a extração pelas plantas é maior que a quantidade de ARS aplicada ao solo.

Os valores de pH, SB, t e T aumentaram com a aplicação contínua de ARS.

Sistemas agroflorestais são capazes de receber ARS devido à grande capacidade de extração de nutrientes em função de seu rápido crescimento, representando uma alternativa interessante para receber ARS, bem como o sistema em pastagem solteira.

De maneira geral, o aumento de elementos nas camadas superficiais do solo pode gerar, a longo prazo, um desequilíbrio nutricional para as plantas. Deve-se pensar, portanto, em uma aplicação que seja sempre monitorada.

6 REFERÊNCIAS

ABCS- Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **ABCS apresenta estudo inédito com raio-x da suinocultura no Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br/informativo-abcs/2362-abcs-apresenta-estudo-inedito-com-raio-x-da-suinocultura-no-brasil>>. Acesso em dez.2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos sólidos – Classificação. NBR 10004. 2004a. 71p.

ADELI, A. et al. Swine effluent irrigation rate and timing effects on bermudagrass growth, nitrogen and phosphorus utilization and residual soil nitrogen. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 681-686, 2003.

ADELI, A. et al. Effect of long-term swine effluent application on selected soil properties. **Soil Science**, v. 173, p. 223-235, 2008.

ADELI, A.; VARCO, J. J. Swine lagoon as a source of nitrogen and phosphorus for summer forage grasses. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 5, p. 1174-1181, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p.2101-2111, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/31.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

ALMEIDA, M.V. et al. **Sistemas agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: PLANAFLORO; PNUD, 1995. 59p

ALVAREZ, J.M. et al. Comparison of EDTA and sequential extraction tests for phytoavailability prediction of manganese and zinc in agricultural alkaline soils. *Geoderma*, 132:450–463, 2006.

AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 04, p. 8, 2007.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BARCELLOS, A.O. et al. Base conceitual, sistemas e benefícios da iLPF. In: BALBINO, L.C., BARCELLOS, A.O., STONE, L.F. (Ed). **Marco referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2011. p. 23-40.

BARCELLOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. 1992. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

BARNABÉ, M. C. et al. 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, Set. 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/1681/1708>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

BASSO, C. J. et al. Dejeito líquido de suínos: II - perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1305-1312, Dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600012>.

BERNARDES, R. F. B. **Água residuária de suínos em um sistema agroflorestal: atributos químicos e translocação de nutrientes no solo**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19844>> Acesso em: 20 jan 2018.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejeito líquido de suínos**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 102p. (Tese de Mestrado)

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. dos. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2525-2532, Dec. 2008. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600029>.

BRUNETTO, G. et al. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1620-1628, nov. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000500026&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500026>.

CABRAL, J. R. et al. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 823-831, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/09.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. da. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**: Unijuí, Ijuí, v. 32, n. 13, p.127-145, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/viewFile/3159/4655>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

CASSOL, P. C. **Eficiência fertilizante de estrumes de bovinos de leite e frangos de corte como fonte de fósforo às plantas**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999. 162p.

CEPEA (Piracicaba). Esalq-USP. **Suínos/Perspectivas 2018: PARA ABSORVER EXCEDENTE EXTERNO, SETOR DEVE AMPLIAR DESTINOS**. 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/suinos-perspec-2018-para-absorver-excedente-externo-setor-deve-ampliar-destinos.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, Jun 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000600009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>.

CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos:: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1296-1304, Dez 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a11v35n6.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, Jun 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2010000600009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600009>.

CIF - CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS (Minas Gerais). **Sistemas Agroflorestais**. 2008. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

CORAUCCI FILHO, B. et al. **Irrigação de eucalipto com efluente sanitário de lagoa facultativa: Eficiência do Sistema Solo-Planta no pós-tratamento**. Revista DAE especial, São Paulo, p. 59-64, mai. 2010.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA – CNPSA/EMATER-RS, 2002. 31 p. (Boletim informativo, 14).

DURIGON, R. et al. PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM PASTAGEM NATURAL COM O USO DE ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p.983-992, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n4/16.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2017.

ECHBERG, B. Effluent engineers. *Pig International*, v. 33, n. 9, Mount Morris, p. 13-15, Oct. 2003.

EMBRAPA (Brasília). Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF; **Embrapa informações tecnológicas**, 2009, 627p.

EMBRAPA (Rio de Janeiro). **Sistemas agroflorestais (SAF's)**. 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-produtoservico/112/sistemas-agroflorestais-safs>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

EMBRAPA (Rio de Janeiro). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-publicacao/990374/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

EMBRAPA (Aracaju). **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo: Documentos 206**. Aracaju, 2015. 13 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

ERNANI, P.R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo**. 1981. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1981. 82p.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, Dez. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000600014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600014>.

FENG, M. H. et al. Comparison of the rhizosphere based method with DTPA, EDTA, CaCl₂, and NaNO₃ extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. **Environ. Poll.** v. 137 p. 231-240, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alteração de na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.285-290,1983.

GIROTTO, E. et al. ACÚMULO E FORMAS DE COBRE E ZINCO NO SOLO APÓS APLICAÇÕES SUCESSIVAS DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p.955-965, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1802/180215874036.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

GIUSQUIANI, P. L. et al. Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil: agricultural and environmental implications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, p. 364-371, 1998.

GONÇALVES JUNIOR, A. C. et al. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e

cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 9-14, 2008.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of Copper and Zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. *Danish J. Geogr.* v. 105 p. 15–22, 2005.

GUIMARÃES, R. de C. M. **ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLOS TRATADOS COM LODO BIOLÓGICO DE INDÚSTRIA DE GELATINA**. 2009. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/cs/m/3831.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2017.

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.

HOMEM, B. G. C. et al. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 299-309, maio. 2014. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/507/349>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

HOUNTIN, J. A. et al. Use of a fractionation procedure to assess the potential for P movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agriculture and Ecosystems Environment**, Charlottetown, v. 78, p. 77- 84, 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KOGA, N.; TSUJI, H. Effects of reduced tillage, crop residue management and manure application practices on crop yields and soil carbon sequestration on an Andisol in northern Japan. **Soil Science And Plant Nutrition**, [s.l.], v. 55, n. 4, p.546-557, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1111/j.1747-0765.2009.00385.x>>. Acesso em: 05 dez. 2017. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00385.x>.

KRUGER, I.; TAYLOR, G.; FERRIER, M. Effluent at work, Australian Pig Housing Series. Australia. **NSw Agriculture**, 1995. 201 p.

KUNZ, A. et al. Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos. **Comunicado Técnico**, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 361, 1-4, 2004a.

L’HERROUX, L. et al. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environ. Poll.**, v. 97 p. 119-130, 1997.

LOU, Y. et al. Soil organic carbon fractions and management index after 20 yr of manure and fertilizer application for greenhouse Vegetables. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 163-169, 2011.

LOURENZI, C. R. et al. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry application. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1827-1836, Out. 2011. Disponível

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000500037&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500037>.

LOURENZI, C. R. et al. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 157-167, Fev. 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 fev. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100016>.

MAGGI, C. F. et al. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 170-177, Fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 07 Fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000200010>

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

MEDEIROS, L. T. et al. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 309-318, Abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 08 fev 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000200006>.

MELLEK, J. E. et al. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil And Tillage Research**, [s.l.], v. 110, n. 1, p.69-76, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2010.06.005>. Disponível em: <http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/publicacoes/tc_2010_soil_tillage_research_1.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 295-303, 1994.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2003.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112p.

MOREIRA, I.L. et al. Avaliação de perdas de nitrogênio e fósforo por lixiviação sob aplicação de dejetos de suíno em sucessões de culturas, durante três anos. **XV Reunião Brasileira de Manejo e conservação do solo e da água**, 15 ed., Santa Maria: SBCS, UFSM, 2004. CD-

ROM.

NARDELE, M.; CONDE, I. **Apostila Sistemas Agroflorestais**. Brasil. 2011. 16 p. Disponível em: <<https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/apostila-agroflorest.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

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

PELISSARI, R. A. Z. et al. Lodo Têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. (W, Hill ex Maiden). **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

PEREIRA JUNIOR, A. M. **Uso de água residuária de suinocultura em sistema agroflorestal**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18073/1/UsoAguaResiduaria.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

PEREIRA, E. R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Esalq-usp, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-17042006-171916/pt-br.php>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

PRATT, P. F. Management restrictions in soil applications of manure. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 1, p. 134-143, 1979.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, Out. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000500024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500024>.

REZENDE, A. A. P. **Fertirrigação do eucalipto com efluente tratado de fábrica de celulose Kraft branqueada**. 2003. 161 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

REZENDE, V. de O. **Efeito da Fertirrigação com Água Residuária de Suinocultura nos Atributos Químicos do Solo e na produção dos Capins Tifton 85 e Xaraés**. 2013. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Campus de Rio Paranaíba, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2013. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2025/texto_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 75p. Dissertação (Mestrado) –

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, R. C. dos. **Cobre, zinco, manganês e sódio em rações, dejetos líquidos de suínos e solos de áreas de uso agrícola**. 2014. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/104836>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

SCHERER, E. E.; AÍTA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46 p. (EPAGRI. Boletim técnico, 79).

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.

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. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1375-1383, ago. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400034&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 16, p. 129-141, 1999.

SEGANFREDO, M.A.; SOARES, I.J. & KLEIN, C.S. Potencial fertilizante e poluente dos dejetos de suínos no contexto das pequenas propriedades do Oeste de SC. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 342).

SILVA, A. de A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 254-265, abr. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000200254&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 03 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p254-265/2015>.

STEVENSON, F. J. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. New York: John Wiley, 1986. 380p.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17 ed. Piracicaba, 2000. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108 .

VIELMO, H. **Dejeto líquido de suínos na adubação de pastagem de tifton 85**. Curitiba: UFPR, 2008. 125p. Tese Doutorado

WANG, W. et al. The effects of fertilizer applications on runoff loss of phosphorus. **Environmental Earth Sciences**. v. 68, p. 1313-1319, 2013.