

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MARCUS VINÍCIUS SILVA LIMA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS NO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS TRÊS ANOS
DE APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA**

UBERLÂNDIA– MG

2019

MARCUS VINÍCIUS SILVA LIMA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS NO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS TRÊS ANOS
DE APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Mageste da
Silva

UBERLÂNDIA – MG

2019

MARCUS VINÍCIUS SILVA LIMA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS NO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS TRÊS ANOS
DE APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso aprovado em: 09 de janeiro de 2020

Ms. Eng. Agr. Dayane Salinas Nagib
Guimarães

Ms. Eng. Agr. Luara Cristina de Lima

Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva

(Orientador)

UBERLÂNDIA – MG

2019

“Não importa o que fizeram com você. O que importa é o que você faz com aquilo que fizeram com você.”

Jean Paul Sartre

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus em primeiro lugar, meus colegas de turma e amigos que me acompanharam nessa jornada, aos meus pais e familiares presentes em todas as etapas da minha vida. Agradecer também ao meu orientador, Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva e coorientadora, Luara Cristina de Lima, que aceitaram o desafio de me guiar neste presente trabalho, agradecer aos professores e funcionários que de algum modo contribuíram para minha formação. Muito obrigado.

Lima, Marcus Vinícius Silva. Universidade Federal de Uberlândia, janeiro, 2020. Atributos químicos no sistema silvipastoril após três anos de aplicação de água residuária, 32 p. Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Mageste Silva.

RESUMO

O reaproveitamento da água residuária, oriunda dos processos bioquímicos naturais constituintes dos organismos, na agricultura atual, procura melhorar as propriedades do solo. Nesse sentido, o trabalho foi realizado na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG, com o objetivo de avaliar os atributos químicos de água residuária no sistema silvipastoril na profundidade do solo de: 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, sendo um total de cinco tratamentos com cinco blocos. Os tratamentos foram divididos em 4 doses de água residuária de suinocultura (ARS): 200, 470 e 800 m³ ha⁻¹, e um tratamento sem a aplicação de ARS, espaçamento utilizado no plantio de *Corymbia citriodora* em linhas duplas foi de 2 metros entre plantas na linha e mais 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas. Nas entrelinhas da *Corymbia citriodora* manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. A profundidade influencia o percentual de Mg²⁺ em relação a CTC total, sendo que na profundidade de 0 – 20 encontra-se os maiores valores. O teor de Ca²⁺ no solo é influenciado pela ARS, sendo a dose entre 400 a 600 m³ha⁻¹ano⁻¹ promove a diminuição deste nutriente no sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora* e *Urochloa decumbens*. A dose de 200 m³ ha⁻¹ de água residuária de suinocultura já seria suficiente para proporcionar níveis adequados para a maioria dos nutrientes. A aplicação de ARS possivelmente necessita de adubação de origem mineral e/ou corretivos de solo.

Palavras-chave: *Corymbia Citriodora*, *Urochloa decumbens*, resíduo orgânico, acidez do solo.

Lima, Marcus Vinicius Silva. Federal University of Uberlândia, January, 2020. Chemical attributes in the silvopastoral system after three years of implementation of wastewater, 32 p. Supervisor: Prof. Dr. José Geraldo Mageste Silva.

ABSTRACT

The reuse of wastewater, from the biochemical processes of natural constituents of organisms in agriculture today, seeks to improve the properties of the soil. In this sense, the work was conducted at Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG, with the objective to evaluate the chemical attributes of wastewater in the silvopastoral system in soil depth: 0-20cm, 20-40 cm, 40-60cm. The experimental design was of completely randomized blocks, with a total of five treatments with five blocks. The treatments were divided in 4 doses of swine wastewater (ARS): 200, 470 and 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, and a treatment without the application of ARS, spacing used in the planting of *Corymbia citriodora* in double lines were 2 meters between plants in the row over 3 meters between rows and 15 meters between the double lines. The lines of the *Corymbia citriodora* remained of *Urochloa decumbens* pasture. The depth influences the percentage of Mg²⁺ in relation to CEC total, and at a depth of 0 - 20 is the highest values. The content of Ca²⁺ in the soil is influenced by the ARS, and the dose between 400 to 600 m³ ha⁻¹ year⁻¹ promotes the reduction of this nutrient in the silvopastoral system with *Corymbia citriodora* and *Urochloa decumbens*. The dose of 200 m³ ha⁻¹ year⁻¹ of swine wastewater would be enough to provide adequate levels for the majority of the nutrients. The application of ARS possibly need complementation with fertilization of mineral origin and/or soil correctives.

Key words: *Corymbia Citriodora*, *Urochloa decumbens*, organic waste, soil acidity.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Sistema Silvipastoril	11
2.2	Água Residuária	12
2.3	Acidez do solo	14
3.	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Componentes da acidez do solo	20
4.2	Teores de Ca, Mg e K	21
4.3	CTC efetiva(t), Saturação por base(V) e Saturação por alumínio(m)	24
4.4	CTC Total comparada	26
5.	CONCLUSÕES	28
6.	REFERÊNCIAS	29

■ Introdução

O Brasil ocupa a 4ª posição na produção e exportação de carne suína (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2017), portanto está em uma posição notável como produtor de alimentos. Com a adoção de alta tecnologia e um total controle nos processos de produção, no ano de 2016 a produção brasileira de carne suína foi de aproximadamente 4 mil toneladas, sendo o consumo per capita de carne suína em torno de 15kg, e com 11% do número de abates, entre os estados brasileiros, Minas Gerais ocupa a 4ª posição do ranking (ABPA,2017). Com esta produção suínica crescente ao longo dos anos ocorre também o aumento dos dejetos, que constitui o resultado da mistura de fezes, urina, resíduo da lavagem das baias, restos de rações, pó e pêlos dos animais (MENEZES et al., 2003).

Quando os dejetos, também chamados de ARS (Água Residuária de Suinocultura), usados ou descartados de forma inadequada, podem causar impactos negativos ao meio ambiente, como a contaminação do solo com a adição de Nitrogênio em excesso, contaminação do ar com a liberação de gás metano e a contaminação da água (BELLI FILHO, 1997), e também pelo fato de uso de muita água no processo produtivo, tanto no consumo animal quanto na questão higiênica das granjas (KUNZ, 2007). A alta concentração de sódio e metais pesados causando a salinização que é outro aspecto a ser observado, em decorrência do descarte inadequado desses resíduos (ARS), podendo causar sérios prejuízos ao meio ambiente (VIVIAN et al., 2010). Estudos sobre a aplicação de ARS no solo mostram inúmeros benefícios desse reaproveitamento. Queiroz et al. em 2004, em seu experimento, utilizou ARS de criados em regime em confinamento total, sendo a água composta pela mistura de fezes e urina dos animais e de outros materiais provenientes do processo criatório assim obtiveram aumento nos atributos físicos, biológicos e químicos do solo. Com esse volume significativo de água residuária produzido, implica no acúmulo do material na propriedade, o que demanda o desenvolvimento de técnicas de minimização do potencial poluidor, tratamento e destino final dos resíduos gerados

A conciliação entre o aproveitamento da ARS no sistema silvipastoril tem se mostrado uma integração sustentável, tanto para o descarte da ARS, por reduzir os impactos ambientais quanto para um aumento na qualidade do solo. Uma opção viável

para a aplicação de ARS seria a utilização de sistemas silvipastoris. Esse tipo de sistema consiste em um modo de manejo sustentável da terra que combina a produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e, ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na mesma unidade de terreno, otimizando o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (EMBRAPA, 2009).

Os sistemas silvipastoris consistem na produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e/ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na mesma unidade de área (MANGABEIRA et al., 2009), neste sistema a biomassa das árvores contribui para melhorar a fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as forrageiras e melhorar a sua qualidade e aumentar sua produção (CARVALHO, 1998). A *Corymbia citriodora* é uma árvore média a grande, podendo atingir 50 m de altura e 1,2 m de diâmetro na altura do peito (DAP), com excelente forma do tronco e folhagem rala. A madeira é muito utilizada para construções estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão. A espécie apresenta susceptibilidade à geadas e boa resistência à deficiências hídricas (IPEF, 2016). O aumento no rendimento das pastagens, pode ser atribuído dentre outros fatores à substituição dos pastos de gramíneas nativas por espécies do gênero *Urochloa*, principalmente *Urochloa decumbens* (PEREIRA et al., 2012).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de ARS em arranjos de plantio de *Corymbia citriodora* e *Urochloa*, em uma área implantada com sistema silvipastoril em três anos consecutivos.

■ Revisão bibliográfica

■ Sistema Silvistoril

O uso do sistema silvistoril trouxe inúmeros benefícios ao sistema, tanto para recuperação e sustentabilidade da produção de forragem, como para os aspectos de importância ecológica (CARVALHO, 2002)

Nos sistemas de produção agropecuária, a sustentabilidade pode ser considerada como a manutenção da produção ao longo do tempo, sem que ocorra a degradação dos recursos naturais dos quais a produção é dependente (BERNARDINO; GARCIA, 2010). A temperatura ambiente, no modelo de produção silvistoril, é considerado mais ameno devido a presença arbórea no local, fazendo com que todos os processos ecológicos no local sejam mais equilibrados, quando se comparado aos locais que recebem pleno sol. O microclima é modificado pelas árvores em um sistema silvistoril, reduzindo a radiação solar e a relação de espectro de luz, podendo tornar a temperatura mais amena, aumentando a umidade do ar, reduzindo a taxa de evapotranspiração e aumentando a umidade do solo (BERNARDINO; GARCIA, 2010)

Neste sentido, os Sistemas Silvistoris são uma modalidade de sistema de produção onde a combinação intencional de árvores, pastagem e componente animal simultaneamente em uma mesma unidade de área e manejados de forma integrada, tem por objetivo incrementar a produtividade e garantir a qualidade ambiental (CORYMBIA et al., 2011).

A diversificação da produção causada pela introdução de árvores no sistema agrícola, pode reduzir os riscos de perdas da produção, pelo melhor controle dos fatores ambientais (abióticos e bióticos) e da comercialização da produção, pelo aumento das alternativas de produtos a serem comercializados, além de possibilitar uma maior diversificação dos alimentos e de produtos consumidos na propriedade rural (RADOMSKI; RIBASKI, 2012).

A degradação do solo ou das pastagens podem ser notadas por fatores físicos e químicos, possivelmente causada pelos componentes arbóreos excessivos, mas podemos verificar que quando o sistema trabalha em conjunto, as árvores funcionam como um

componente que dificulta a degradação física e química. (BERNARDINO E GARCIA, 2010) em um de seus trabalhos mostra que o processo de degradação da pastagem está, muitas vezes, relacionado à deterioração física e química do solo, componente essencial ao funcionamento de todo o sistema. Esta deterioração pode ser reduzida ou evitada com a presença do componente arbóreo, uma vez que as copas das árvores reduzem o impacto da chuva sobre o solo e a velocidade dos ventos. O componente arbóreo pode ser benéfico, também, por utilizar e forçar a busca por nutrientes de horizontes mais profundos do solo na produção de biomassa e devolvê-los à superfície do solo por meio da decomposição de folhas, frutos, casca, galhos, por exemplo (MENEZES et al., 2002).

Na integração de forrageiras com árvores, a sombra e a biomassa do componente arbóreo têm potencial para melhorar a fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as forrageiras herbáceas e melhorar a qualidade da forragem (CARVALHO et al., 2001).

Dentre as diversas espécies que podem ser utilizadas no sistema silvipastoril, o eucalipto destaca-se pela facilidade de cultivo, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para usos múltiplos, boa fonte de renda para o produtor e principalmente por apresentar uma arquitetura de copa que permita a sua consorciação tanto com a cultura quanto com o pasto (VIANA et al., 2012).

Os benefícios para o solo, decorrentes da implantação de sistemas silvipastoris resultam da melhoria, a médio e longo prazo, na ciclagem de nutrientes, causada pela absorção desses elementos pelas raízes das árvores, de camadas mais profundas do solo e a posterior deposição no solo superficial de parte desses nutrientes, pela decomposição de folhas, raízes etc. Sistemas silvipastoris possuem, também, a capacidade de utilizar a água das camadas mais profundas do solo, a qual seria normalmente perdida em sistemas tradicionais de pastagens (GYENGE et al. 2002), bem como, o baixo ou nenhum uso de insumos químicos e de mecanização (TAVARES, 2003). Na introdução de árvores em áreas de pastagem, ou mesmo no estabelecimento de um sistema silvipastoril verdadeiro, é importante que se disponibilizem nutrientes em quantidades adequadas para atender às exigências dos componentes arbóreo e forrageiro (BERNARDINO E GARCIA, 2010).

■ Água Residuária

O uso da ARS vem sendo cada vez mais enfatizado como alternativa para minimizar custos com a adubação mineral e promover aumento da produtividade das culturas e massa seca de forragem (SERAFIM, 2010). Quando o manejo adotado é bem escolhido e conduzido, permite o aproveitamento integral dos dejetos, dentro das condições estabelecidas em cada propriedade (ANGONESE et al., 2006). Dado ao seu potencial poluidor esses resíduos requerem tratamentos específicos estabelecidos por leis de proteção ambiental que, em algumas situações e dada à inadequada capacitação dos próprios produtores para gerenciamento desses resíduos, são simplesmente tratados como agentes poluidores (CABRAL et al., 2011).

As pastagens por ocuparem grandes extensões territoriais, podendo ainda apresentar-se degradadas ou em processo de degradação, possuem grande potencial para aproveitamento desta forma de ciclagem de nutrientes (ANDREW et al, 2018).

Os sistemas de confinamentos de produção de suínos produzem também uma elevada quantidade de dejetos (ANGONESE et al., 2006), que são na maioria das vezes descartados em rios e mananciais. Alternativas que reaproveitem estes dejetos estão sendo avaliadas para que possam ser utilizados na agricultura de forma sustentável, levando em consideração fatores econômicos, ambientais e socioambientais.

Outras vantagens do aproveitamento da ARS são a conservação da água, a possibilidade de favorecer a reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e a preservação do meio ambiente, evitando o descarte em locais inadequados (MEDEIROS et al., 2008). O uso de ARS como fertilizante tem sido feito, normalmente, em culturas anuais, mas sua aplicação em pastagens perenes surge como alternativa de maximização do uso (VIELMO, 2008).

O uso das águas residuárias de suínos (ARS) na fertilidade melhora as condições do solo, como a estrutura facilitando assim, a penetração das raízes, reduz à plasticidade e coesão, aumenta a capacidade de retenção de água, minimiza a variação da temperatura do solo, aumenta a CTC (capacidade de troca catiônica) fornecendo nutrientes para a planta, aumenta o poder tampão do solo, diminui a densidade aparente e aumento da porosidade (TAMANINI, 2004), apresentando grande importância no

fornecimento de nutrientes às culturas. Apesar do potencial poluidor da água residuária de suinocultura (ARS), ela contém macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros, que podem contribuir para redução da aplicação de fertilizantes nas lavouras (CABRAL et al., 2011).

A ARS é altamente rica em nutrientes e se tratada corretamente, pode ser utilizada em plantações agrícolas como fertirrigação, diminuindo assim, o uso de fertilizantes nas lavouras. A toxidez por Al é o fator que mais limita a produção das culturas em solos ácidos. Apesar de não existir um indicador estreitamente associado à fitotoxicidade do Al no solo, o pH é utilizado universalmente para diagnosticar o estado de acidez do solo e indicar a necessidade ou não de calagem (KAMINSKI, 1989).

Segundo Cabral (2011), após testes feitos com aplicação de ARS e posteriormente avaliados os níveis de Al^{3+} todas as camadas de 0-5, 20-40 cm ocorreram reduções na concentração de Alumínio que posteriormente seria tóxico para a planta, o valor médio do Al^{3+} do solo antes de se aplicar os tratamentos era de 7,0 mg L^{-1} e, após sua aplicação, o valor foi para 3,5 mg L^{-1} .

O efeito da aplicação de ARS na produção de milho para silagem; esses autores aplicaram lâminas correspondentes de 0,0 a 1,5 vez a evapotranspiração (ET) da cultura de referência e concluíram que a aplicação de ARS aumentou a altura de plantas, o índice de espigas e o peso das espigas do milho (FREITAS et al., 2004)

Também se tem observado que a aplicação de ARS em sistemas florestais solteiros e ou consorciados com forrageiras é uma alternativa econômica viável. Sendo assim objetiva-se avaliar o efeito nos atributos químicos do solo após dois anos de uso de água residuária de suinocultura em um sistema agroflorestal (ANDREW et al., 2018).

O conhecimento que possibilite a utilização das águas residuárias geradas nos processos produtivos em áreas agrícolas reduzindo o impacto ambiental e aumentando a produtividade, é de fundamental importância (CABRAL et al., 2011).

■ Acidez do solo

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e da baixa saturação por bases

(COLEMAN; THOMAS, 1967). A calagem é a prática mais eficiente para elevar o pH, os teores de Ca e a saturação por bases e reduzir Al e Mn trocáveis no solo (CAIRES et al., 2002).

A quantidade de matéria orgânica proporcionada ao solo, aumenta sua capacidade física e química, podendo ser influenciada quantidade de Al^{3+} no solo, bem como outras fontes de variação do pH deste solo. A CTC do solo aumenta consideravelmente com as fontes de matéria orgânica disponíveis neste solo. O aumento na capacidade de troca de cátions do solo, decorrente do maior teor de matéria orgânica, pode proporcionar concentrações suficientes de cátions trocáveis, mesmo em solo com alta acidez (CAIRES et al., 1998).

Em função dos biofertilizantes apresentar características fertilizantes o seu uso em cultivos agrícolas torna-se uma alternativa ao lançamento do efluente nos cursos d'água, o que reduz a poluição ambiental dos corpos hídricos, principalmente em função da presença de nitrogênio e fósforo que causam eutrofização das águas. Porém, devido à composição variável da ARS em componentes orgânicos e inorgânicos é necessário monitorar as características do solo com vistas a atender a legislação ambiental e prevenir a saturação do solo com componentes químicos indesejáveis, protegendo consequentemente o ambiente (ANDREW et al., 2018).

Caires et al. (2002), em seu trabalho com milho em sistema de plantio direto mostra que o uso de calcário para correção de acidez solo se faz necessário para aumentar a produção e que aplicação de doses de calcário na superfície, proporcionou aumentos significativos no pH e na saturação por bases do solo.

Considerando que a acidez do solo é controlada em larga escala pelos íons trocáveis e reações de adsorção, qualquer classificação única ou restrita é um tanto arbitrária, visto que os principais componentes dos sistemas ácidos são influenciados pelas propriedades do mesmo (COLEMAN; THOMAS, 1967). Do ponto de vista químico define que os ácidos são substâncias que, em solução, liberam prótons (H^+) e bases são substâncias capazes de receber prótons (LEE, 1985). Um solo é considerado ácido quando seu pH está inferior a 7,0. Em condições naturais, e em regiões de clima úmido, há uma tendência constante para a acidificação do solo (SPOSITO, 1989).

O desenvolvimento da acidez é um processo que ocorre à medida que os cátions básicos adsorvidos no complexo coloidal vão sendo deslocados para a solução

do solo por íons H^+ e, de alguma forma, removidos do meio. Desta maneira, quanto menos a capacidade de troca de cátions for ocupada por cátions básicos mais ácido será o solo (NATALE, 2012).

Os solos são ácidos devido a pobreza de cátions básicos como cálcio, magnésio, potássio e sódio no material de origem, ou a processos pedogenéticos que favoreceram a perda dos mesmos (CATANI; GALLO, 1955; RAIJ, 1991).

A quantidade de água disponível no solo, para planta, pode ser um fator que acarrete maior fitotoxicidade. Freire (1984) demonstrou que o índice de precipitação pluvial que ocorre durante o ciclo da cultura no campo, influencia consideravelmente a toxidez por Al, sendo mais acentuada quando existe menor disponibilidade de água no solo.

Faz necessário correção do solo em sistemas de plantio diversos, devido a necessidade de disponibilizar nutrientes para as plantas em todos os casos evitar o aumento da acidez do solo. A calagem na superfície, em sistema plantio direto, apresentou eficiência na correção da acidez de camadas superficiais e do subsolo, mas a reação do calcário aplicado superficialmente foi mais rápida em condições de maior acidez do solo (CAIRES et al., 2002).

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Bonsucesso, na rodovia Campo Florido Km 20, localizada no município de Uberlândia-MG, nas coordenadas geográficas Lat. 19°05'17"S, Long. 48°22'00"W e altitude média de 820 metros.

De acordo com o sistema de classificação de Koppen, o clima da região 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 (ROLIM et al., 2017).

O solo na área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, segundo Santos et al. (2013) e está sob pastagem de *Urochloa decumbens*. Foi realizada a análise para caracterização química (Tabela 1), na profundidade de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm. A textura do solo foi composta por 31,0% de areia grossa, 48,8% de areia fina, 8,8% de silte e 11,4% de argila (SANTOS et al., 2013).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental

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. g kg ⁻¹
					-----cmol _c dm ⁻³ -----						-- % --	
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

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. Argila: Método da pipeta. M.O. = Matéria Orgânica pelo Método Colorimétrico. (DONAGEMA et al., 2011).

Segundo Ribeiro et al. (1999), o pH do solo foi considerado bom (Tabela 1), com acidez classificada como média. Diante dos resultados, não foi necessário realizar a correção da acidez do solo. Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), boro (B) e manganês (Mn) encontravam-se baixo. O magnésio (Mg), cobre (Cu) e o zinco (Zn), encontravam-se com os teores considerados médios.

O espaçamento utilizado no plantio de citriodora em linhas duplas foi de 2 metros entre plantas na linha mais 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas. Nas entrelinhas da citriodora manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. As parcelas constituíram de 10 metros de comprimento, contendo 5 plantas em cada linha simples, totalizando 10 plantas na parcela, por 6 metros de largura, com uma área de 60 m².

A adubação de plantio e cobertura para a citriodora foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (RIBEIRO et al., 1999). No plantio das mudas, foram utilizados 100 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅) aplicados na linha de plantio e a adubação de cobertura com 0,15 kg por planta do formulado 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas infestantes foi realizado através de capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições. Os tratamentos foram 4 doses de água residuária de suinocultura (ARS): 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹, e um tratamento sem a aplicação de ARS, sendo as aplicações parceladas nos meses de junho, julho e agosto de 2015.

A ARS é proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com 6.000 suínos na fase de engorda, apresentando um volume médio de 110 m³ de ARS por dia. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e estimados no local de produção, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias.

Em todas as aplicações de ARS, foram coletadas amostras para a caracterização da sua composição química (Tabela 2).

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

Determinação	Unidade	1º Aplicação	2º Aplicação	3º Aplicação
pH	%	7,0	7,4	7,4
Densidade	%	-	1,01	-
Matéria Orgânica	%	0,65	0,91	0,65
Carbono Orgânico	%	0,36	0,5	0,36
Nitrogênio Total	%	0,35	0,47	0,14
Relação C/N	%	1,03	10,7	2,57
Fósforo 1(205) total	%	0,70	0,07	0,08
Potássio 1<20sol. em água	%	0,36	0,18	0,36
Cálcio (Ca)	%	0,54	0,58	0,68
Magnésio (Mg)	%	0,05	0,06	0,10
Enxofre (S)	%	0	0	0
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	200,0	300,0	700,0
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	5,0	6,0	15,0
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	5,0	5,0	9,0

Todos os dados foram submetidos a 0,01 de significância. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em arranjo de parcelas subdivididas, sendo as doses de ARS as parcelas e a profundidade a própria subparcela. Foi feita análise de variância com teste regressão e Tukey utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2010). Adotou-se um esquema fatorial 3x5, com três diferentes profundidades e cinco concentrações. A coleta do material foi feita por uma bomba, que foi calculado a vazão antes do momento da sucção, e logo após era aplicado diretamente.

Segundo a metodologia utilizada a profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm seriam analisadas. A análise de cada camada teve o objetivo de verificar a fertilidade do solo, onde possivelmente está localizada as raízes de *Corymbia citriodora*, que é o componente usado no sistema (EMBRAPA 2011).

Resultados e discussão

4.1 Componentes da acidez do solo

A análise de variância em relação ao pH em água, Al, acidez potencial e matéria orgânica não demonstraram ser significativos para o uso de ARS em sistema silvipastoril. A interação entre as fontes de variação dose e a profundidade, mostraram que a aplicação de ARS não surtiu efeito para o pH do solo, o teor de Al^{3+} no solo, a acidez ($H^+ + Al^{3+}$) e a matéria orgânica (Tabela 3).

Tabela 3. Média dos teores de Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ em $cmol_c\ dm^{-3}$ e matéria orgânica em $dag\ kg^{-1}$ no solo em diferentes profundidades em um sistema silvipastoril

Profundidade (cm)	pH em água	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	M.O
		$cmol_c\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	$dag\ kg^{-1}$
0–20	4,92 a	0,29 a	1,36 a	1,18 a
20–40	4,96 a	0,33 a	1,35 a	1,07 a
40–60	4,92 a	0,26 a	1,36 a	1,04 a
Dose	0,5302ns	0,9283ns	0,1823ns	0,0878ns
Profundidade	0,7318ns	0,3751ns	0,9747ns	0,0780ns
Profundidade x Dose	0,3371ns	0,3858ns	0,6254ns	0,1659ns
Média	4,93	0,29	1,36	1,10

¹médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância. ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

A acidificação do solo pode ocorrer naturalmente pela dissociação do gás carbônico ($CO_2 + H_2O \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$), que libera o íon H^+ para a fase sólida do solo, pela adição de fertilizantes, ureia e amoníaco durante a sua transformação no solo pelos microrganismos e também pela hidrólise do Al, liberam o íon H^+ , que ao reagir com a água do solo, ocorre a formação do hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$) e liberação do íon H^+ ($Al^{3+} + 3H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$), as doses de ARS não elevaram os teores de Al e também de $H^+ + Al^{3+}$ do solo, possivelmente não alterando pH. As diferenças de efeito sobre o pH causado por resíduos de animais, ARS, aplicados no solo, possuem variados níveis de nutrientes e componentes orgânicos, derivados da alimentação dos animais, com isso essas variações podem estar relacionadas com a variação do pH naquele solo (WHALEN et al., 2000).

De acordo com a aplicação de ARS, verificou-se um incremento com tendência linear de CTC pH 7,0 (T), observou-se também, valores de 2,52 a 3,85 $cmol_c\ dm^{-3}$ em

solo coletado na projeção da copa de *Corymbia citriodora* e valores de 3,0 a 5,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em solo coletados na linha de plantio, após aplicação de doses de 0 a 800 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de ARS; a mesma tendência foi observada para a CTC efetiva (t), observando valores de 1,3 a 2,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e de 1,5 a 3,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em solos coletados na projeção da copa e na linha de cultivo de *C. citriodora*, respectivamente (PEREIRA JUNIOR, 2016).

Scherer et al. (2010) realizaram estudo nos quais a aplicação de ARS também não aumentou os teores de MO do solo. Resultados semelhantes foram constatados por Caovilla et al., (2010), que não observou aumento no teor de MO com o uso de ARS. Segundo Cunha (2009), o incremento de MO pode estar relacionado ao incremento da deposição no solo de massa seca da parte aérea e das raízes dos cultivos, *Urochloa decumbens* e *Corymbia citriodora*, do que ao próprio teor de matéria orgânica adicionado pela utilização da ARS.

O sistema com aplicação de ARS pode ter o mesmo efeito do calcário, diminuindo os teores de Al nas camadas do solo, apesar de não significativo podemos notar que o houve diminuição deste Al.

4.2 Teor de Ca, Mg, K e Na

Para os teores de Ca e Mg no solo constatou diferença significativa somente em relação a dose de ARS aplicada, não observou diferença significativa para K e SB (Tabela 4). A interação K x Ca x Mg é uma das mais conhecidas (SILVA; TREVISAM, 2015). Mecanismos envolvidos em interações iônicas podem ser sinérgicas, ou seja, quando um íon auxilia a absorção do outro, ou quando um íon prejudica a absorção do outro.

Tabela 4. Média dos teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e a soma de bases (SB) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no solo em diferentes profundidades em um sistema silvipastoril

Profundidade (cm)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$			
0 – 20	0,13 a	0,46 a	0,40 a	0,97 a
20 – 40	0,14 a	0,51 a	0,29 ab	0,94 a
40 – 60	0,14 a	0,45 a	0,25 b	0,85 a
Dose	0,5625ns	0,0372*	0,0372*	0,1717ns
Profundidade	0,9278ns	0,6803ns	0,6803ns	0,4674ns
Profundidade x Dose	0,7393ns	0,5617ns	0,5617ns	0,9827ns
Média	0,14	0,47	0,47	0,93

¹médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância. *: significativo a 5% de probabilidade e ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Após a aplicação das doses de ARS os teores variaram de acordo com cada nutriente especificamente. Para o potássio, de 0-20 cm houve um aumento de cerca de 47% nessa profundidade, de 20-40 cm um aumento de 72% e de 40-60 cm o aumento chegou a 79% do inicial após a aplicação.

Para o cálcio, os valores de 0-20 cm reduziram a 125% do inicial nessa profundidade, de 20-40 cm a redução chegou a 150% do inicial e de 40-60 cm a redução foi de 11%. A vegetação estabelecida no local pode ter auxiliado na manutenção dos agregados do solo, na diminuição dos riscos de erosão, evitado o escoamento superficial e aumentando a capacidade de infiltração e, de acordo com Silva et al. (2011), reduzir a perda de água por evaporação aumenta a disponibilidade de água para as plantas, a atividade biológica e a manutenção da matéria orgânica do solo favorecendo a manutenção dos nutrientes no solo.

Para o magnésio, na profundidade de 0-20 cm houve uma redução de 25% da estabelecida inicialmente, que pode ser explicado pela facilidade de lixiviação do magnésio; de 20-40 cm e 40-60 cm não houve alterações significativas em relação aos

valores iniciais. Segundo Silva & Trevisam (2015), quando se tem elevados teores de K no solo, pode ocorrer uma menor disponibilidade de Mg, pela interação antagônica que ocorre entre eles, podendo ter contribuído para o aumento nas primeiras camadas de solo.

O uso de altas taxas de dejetos em que o Ca e o Mg podem ser deslocados dos sítios de troca pela competição de íons presentes nos dejetos, como Na, K e NH_4 , e podem ser deslocados para camadas mais profundas por lixiviação (KING et al., 1985).

Grande parte do K contido na alimentação dos suínos, é excretado pelos animais. A eficiência média na utilização dos nutrientes pelos suínos é de 29% para o nitrogênio (N) e fósforo (P), e 6% para o K. São excretados pelos animais 50 a 80% do Ca e P, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe, fornecidos pela ração (BERTONCINI, 2011). A ARS é uma fonte líquida de nutrientes, porém ela pode causar lixiviação destes, para camadas mais profundas ou até mesmo escoamento superficial no solo, principalmente se a capacidade de infiltração estiver baixa e o volume de líquido for alto.

Com o aumento da dose de ARS observou que ocorreu uma redução no teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Tabela 4). Isso pode estar relacionado ao aumento no teor de K^+ na solução do solo e causar a redução nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (SILVA; TREVISAM, 2015), que também está relacionado com a competição por nutrientes, de duas espécies em um mesmo ambiente, podendo aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio da solução do solo.

Mattias (2006) verificou o aumento do teor de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em solos que receberam a aplicação de ARS, porém esse teor alto observado não foi muito superior ao de solos que não receberam ARS, segundo o autor, poderia ter ocorrido um maior crescimento das plantas nos locais com aplicação de ARS o que implicaria em maior extração de K^+ .

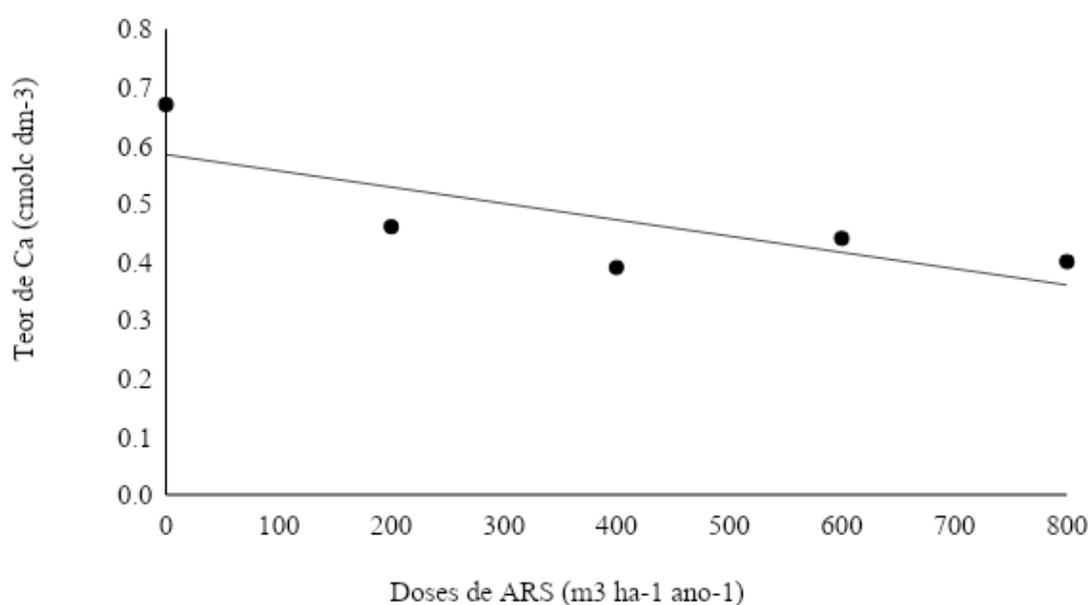
Os teores de K no solo (Tabela 4), nas diferentes doses de ARS, ficaram altos, de acordo com Ribeiro et al. (1999), podendo ter prejudicado a concentração de cálcio, que também não foi feita calagem e correção de solo no local da aplicação, o que pode ter reduzido a quantidade de cálcio disponível no local.

As variações nos teores de cálcio foram obtidas de acordo com a dose de ARS aplicada, indicando que aumentava a dose de ARS reduzia o teor de cálcio presente no

solo (Figura 2). Antes da aplicação dos tratamentos os teores de Ca^{2+} no perfil do solo não apresentaram diferenças estatísticas a nível de 5%, mas se apresentaram menores após a aplicação da água residuária de suinocultura.

De acordo com Mendonça & Rowell (1994), pequenas variações dos teores de Ca no solo podem ocorrer em função da baixa concentração do elemento Ca na ARS ou pela maior retenção de Ca pela matéria orgânica. Na maior dose aplicada de ARS ($800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) no plantio de citriodora, houve uma redução no teor de Ca. O comportamento dos valores das concentrações de cálcio no solo com a aplicação das doses de ARS, (Figura 1) foi quadrático.

Figura 1. Teor de Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo em relação a diferentes doses de água



residuária de suínos (ARS) em um sistema silvipastoril em linha dupla.

O valor médio de Ca^{2+} encontrado no solo antes de se aplicar os tratamentos foi $0,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e, após aplicação dos tratamentos, o valor foi diminuindo gradativamente até se manter na faixa de $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Ocorreu diferença estatística dos valores de Ca^{2+} em todas as camadas exceto para a camada de solo de 40-60 cm.

4.3 CTC efetiva(t), Saturação por base(V) e Saturação por alumínio(M)

A CTC efetiva não foi significativa em relação ao tratamento em função da dose e profundidade observados. O incremento de CTC efetiva e saturação por bases pode ser explicado principalmente devido aos maiores teores de K e Al, devido ao baixo pH verificados.

Tabela 5. Média dos valores de CTC efetiva (t) em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e do percentual de saturação por Al (m) e saturação por bases (V) no solo em diferentes profundidades em um sistema silvipastoril

Profundidade (cm)	t	V%	m%
	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	%	
0 – 20	1,27 a	41,02 a	23,49 a
20 – 40	1,11 a	39,57 a	26,52 a
40 – 60	1,27 a	37,80 a	23,81 a
Dose	0,2737ns	0,3085ns	0,7619ns
Profundidade	0,3552ns	0,5682ns	0,6070ns
Profundidade x Dose	0,9786ns	0,9270ns	0,5761ns
Média	1,22	39,46	24,61

¹médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância. ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Para a CTC efetiva (t), observou-se valores de 1,11 a 1,27 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em todos os perfis de profundidade do solo (Tabela 5).

Pereira junior (2016) também atribuiu tal efeito na CTC efetiva (t) e potencial, ao também observado aumento de pH, a pouca alteração de CTC efetiva (t) apresentada, pode ter relação com o baixo teor de carbono orgânico do solo. Erthal (2008) após verificar aumento da CTC do solo justificou à presença de colóides orgânicos de efluentes, e em solo de textura arenosa o nível de t fica dependente da própria matéria orgânica (HOMEM et al., 2014).

Para a Saturação por Bases (V%) foi observado em relação as doses de ARS, uma redução dos valores na medida que foi aumentado a profundidade do solo, mas não foi significativo a 5%, esse fato pode ser explicado pela variação do pH em função da profundidade do solo.

A possibilidade de alteração no pH do solo com a aplicação de ARS é mínima, principalmente tratando-se de solos altamente tamponados (SCHERER et al., 1984).

A saturação por alumínio também não foi significativa a nível de 5% para as doses em função das profundidades estudadas. Considerando a composição orgânica da ARS aplicada, com baixa concentração de Ca^{2+} em função da alimentação dos suínos, e possivelmente, um pH neutro ou levemente básico, as doses de ARS não foram suficientes para alterarem a concentração de alumínio.

Os baixos valores de CTC efetiva (t) se devem aos baixos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} obtidos em relação a CTC total (T) a pH 7,0 em sua saturação por troca de íons H^+ e Al^{3+} , que possui maior representação devido ao pH baixo apresentado.

4.4 CTC Total

Os valores entre a relação de Ca e Mg com a capacidade de troca catiônica em pH (T), Ca/T e K/T não apresentaram valores significativos, sendo que as doses e nem a profundidade influenciaram no seu valor. Apenas a relação Mg/T obteve valores significativos a 5% em relação a profundidade exercida (Tabela 6). Altos teores de K podem inibir a concentração de Ca e Mg, reduzindo sua concentração no solo, devido a interação antagônica existente entre eles (SILVA; TREVISAM, 2015).

Tabela 6. Média dos valores de CTC total (T) em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e do percentual de Ca (Ca/T), Mg (Mg/T) e (K/T) na T no solo em diferentes profundidades em um sistema silvipastoril

Profundidade (cm)	T $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	Ca/T	Mg/T %	K/T
0 – 20	2,35 a	18,69 a	16,52 a	5,80 a
20 – 40	2,29 a	21,16 a	12,48 b	5,93 a
40 – 60	2,21 a	20,48 a	11,04 b	6,27 a
Dose	0,1953ns	0,0638ns	0,5601ns	0,6022ns
Profundidade	0,5366ns	0,5945ns	0,0021*	0,8996ns
Profundidade x Dose	0,9380ns	0,3666ns	0,3450ns	0,5605ns
Média	2,28	20,11	13,34	6,00

¹médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância. ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

A relação do Ca e Mg com a CTC a pH neutro do solo (Ca/T e Mg/T), não diferiu com a aplicação de diferentes doses de ARS, diferindo apenas com relação as profundidades com relação ao Mg (tabela 6).

A relação entre o teor de cálcio e a CTC pH 7 [Ca^{2+}/T], ideal é de 65% a 85%, e no trabalho apresentado a análise não foi significativa a 5% nem com relação a dose de ARS aplicada nem com relação a profundidade e também não foi significativo na interação entre dose e profundidade. Neste parâmetro foram observados valores bem abaixo do recomendado, mostrando que a ARS não é uma boa promotora de incremento de Ca^{2+} .

Cada espécie vegetal exige uma relação específica entre a saturação de cada base na CTC total do solo, de acordo com sua necessidade nutricional. A atenção a essas relações é bastante importante, uma vez que esses nutrientes disputam os mesmos pontos de troca da CTC, assim, o excesso de um pode levar a deficiência induzida dos outros (RIBEIRO et al, 1999).

A concentração de Mg no solo depende da textura e do conteúdo de MO, ambos responsáveis pela CTC do solo. Com iguais quantidades de Mg trocável, a concentração na solução é usualmente maior em solos arenosos que em solos com alto conteúdo de argila. Isso é explicável pelo fato que os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente que os solos arenosos (SILVA; TREVISAM, 2015).

Aproximadamente 70 a 95% do Mg encontrado na ração dos suínos são excretados pelas fezes (BERTONCINI, 2011), com isso a quantidade de Mg encontrada e conseqüentemente disponível no solo, mostra que esse nutriente foi aumentado com a aplicação de água residuária de suinocultura (ARS).

Para a relação Ca/T e Mg/T, o maior valor encontrado foi na profundidade de 20-40 cm, e 0-20 cm respectivamente. Apenas para relação K/T a profundidade de 40-60 cm foi encontrado o maior valor, em relação as outras camadas, mostrando que o potássio pode ter sido o nutriente mais lixiviado durante o processo de tratamento com ARS.

A presença de Ca^{2+} nas camadas mais superficiais pode ser explicada na relação que existe entre Ca e M.O, Segundo PRADO et al. (2016), o Ca^{2+} está

relacionado com a matéria orgânica do solo, onde com a redução da M.O ocorre o aumento dos teores de Ca.

A ARS não influenciou os teores de Ca e de MO, e os menores teores de MO foram encontrados nas camadas de 20-40 cm (Tabela 6), o que explica a maior presença de Ca nas profundidades mais superficiais, aumentando sua relação com a CTC. A relação de Mg/T pode ser explicada também na presença de M.O, onde os maiores teores de Mg foram encontrados nas profundidades de 0-20 cm.

A relação ideal de K/T para a maioria das culturas é de 5%, ou seja, 5% das cargas da CTC a pH 7 do solo estão ocupadas por K. Verificou-se com este trabalho, que após a aplicação de ARS, para todas as doses aplicadas, a relação dose de ARS por profundidade não está significativo em relação ao nível recomendado.

■ Conclusões

A profundidade influencia o percentual de Mg^{2+} em relação a CTC total, sendo que na profundidade de 0 – 20 encontra-se os maiores valores.

O teor de Ca^{2+} no solo é influenciado pela ARS, sendo a dose entre 400 a 600 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$ promove a diminuição deste nutriente no sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora* e *Urochloa decumbens*. A dose de 200 $m^3 ha^{-1}$ de água residuária de suinocultura já seria suficiente para proporcionar níveis adequados para a maioria dos nutrientes.

Somente a aplicação de ARS não é suficiente e necessita complementação com adubação de origem mineral e/ou corretivos de solo.

Referências

ANDREW, M. Aplicação De Água Residuária De Suinocultura Após Dois Anos Sucessivos Em Sistema Agroflorestal. **Dissertação de mestrado** (2018) p. 64.

ANGONESE, A. R. (2006). Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10(3), 745–750.

BERNARDINO, F. S., & GARCIA, R. (2010). Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 0(60), 77–88.

BERTONCINI, E I. Dejetos da suinocultura — desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, 2011..

CABRAL, J. R., FREITAS, P. S. L. DE, REZENDE, R., MUNIZ, A. S., & BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante Impacts of pig farming wastewater on elephant grass production and on soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande (44), 823–831 v.15, n.8 (2011).

CAIRES, E. F., BARTH, G., GARBUIO, F. J., & KUSMAN, M. T. (2002). Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, 26(4), 1011–1022.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, J. O.; VILAS BOAS, M. A.; GOMES. B. M.; FIGUEIREDO, A. C. Lixiviação de nutrientes proveniente de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.283-287, 2005.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In. Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**; Brasília: FAO, 2001. P. 189-204., e em Simpósio Internacional “Sistemas Agroflorestais Pecuários na America do Sul, 2000, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2000.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 717-722, 2002.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da Exigência em Calcário dos Solos do Estado de São Paulo, Mediante Correlação entre o pH e a Porcentagem da Saturação de Bases, **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP. v: 30, p.49-60, 1955.

CELUTA, M., VIANA, M., VENTURIM, R. P., MARQUES, M., NETO, G., ALBERNAZ, W. M., & ALAVARENGA, R. C. (2014). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta No Estado De Minas Gerais.**

COLEMAN, N.T. & THOMAS, G.W. **The basic chemistry of soil acidity.** In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., eds. **Soil acidity and liming.** Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5^a Aproximação. **Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V.**, Editores. — Viçosa, MG, 1999. 359p.

CORYMBIA, C. O. M., RADOMSKI, M. I., & RIBASKI, J. (2011). A deposição de biomassa das gramíneas e de árvores é um meio importante de reciclagem de nutrientes, sendo que diversos estudos tem evidenciado que o retorno dos nutrientes, em especial N, para o solo, via serapilheira das espécies forrageiras, é maior que pelas fezes dos animais (Boddey et al., 2004; Xavier et al., 2011). 175–178.

EMBRAPA – **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF; EMBRAPA informações tecnológicas, 2009, 627p.

FREIRE, J.C. Resposta do milho a níveis de água e formas de aplicação de calcário em dois solos originalmente sob cerrado em casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, 8:305-308, 1984.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; CENCON, P. R.; PINTO, F. A.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre a produção de milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.120-125, 2004

HEYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos. **Potafos - Informações Agrônomicas**, 2003. 104(4), 1–12.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I.M. Efeito do uso prolongado de água residuária de suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um latossolo vermelho-amarelo. **Científica, Jaboticabal**, v.42, n. 3, p. 299–309, 2014

KING, L. D.; WESTERMAN, P. CUMMINGS, G. OVERCASH, M. R. ;BURNS, J. C. Swine lagoon effluent applied to 'Coastal' Bermudagrass: II Effects on soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 14, p. 14-21, 1985.

LEE, J. D. **Química Inorgânica Não Tão Concisa.** Tradução da 4ª Edição Inglesa. Traduzido por MAAR, J. H. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1991.

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

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/3331>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

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

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**, Campinas, v. 18, p. 295-303, 1994.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H.; ELLIOTT, E. T. Microclimate and nutrient dynamic in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry systems, Dordrecht**, v. 56, n. 1, p. 27-38, 2002.

NIELODINI, M., ANGHINONI, I., & GIANELLO, C. (2008). Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Do Solo**, 32(1), 237–247.

PEREIRA, M. R. R., MARTINS, C. C., DE SOUZA, G. S. F., & Martins, D. (2012). Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, 28(4), 537–545.

QUEIROZ, F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. et al. Características químicas de solo submetido aotratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, n.05, p.1487-1492, 2004.

PEDROTTI, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. P. N.; Lucas, A. A. T.; Santos, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 13081324, 2015.

PEREIRA JUNIOR, A. M. Uso de água residuária de suinocultura em sistema agroflorestal. 2016. 73 f. **Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental**, Uberlândia 2016. Disponível em < <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18073>>. Acesso em 03 dez. 2019.

PRADO, H.; VASCONCELOS, A.C M.; LANDELL, M.G.A. Relação entre balanço de cargas elétricas, matéria orgânica e soma de bases em perfis de Latossolos ácidos do Brasil. **Pedologia fácil**, 2016. Disponível em. <http://www.pedologiafacil.com.br/artig_8.php>. Acesso em: 15 de nov de 2019.

RIBEIRO, A GUMARÃES, P T.G., ALVAREZ V., V H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, MG: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. 359p.

RADOMSKI, M., & RIBASKI, J. Produção de grevilea e eucalipto e sistema silvipastoril na região do Arenito Caiuá, noroeste do Paraná. **Embrapa ISSN 1 980-3958 Documentos 231** (2011), Paraná, Embrapa, 36p.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.;LIMA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e sua Aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agronômicas**. n. 149, p. 10-16, 2015.

SPOSITO, G. The Chemistry of Soils. University of California at Berkeley. **Oxford University Press**. New York, 1989.

TAMANINI, C.R. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira. 2004.196p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal do Paraná, 2004.

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

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; CLAYTON, G.W. et al. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p 962-966, 2000.