

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

VINÍCIUS BARROSO NUNES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS
APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA**

UBERLÂNDIA – MG

2021

VINÍCIUS BARROSO NUNES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS
APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA**

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

Orientadora: Prof. Dra. Adriane de Andrade Silva

UBERLÂNDIA – MG

2021

VINÍCIUS BARROSO NUNES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS
APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA**

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

Orientadora: Prof. Dra. Adriane de Andrade
Silva

Trabalho de conclusão de curso aprovado em:

Ms. Luara Cristina de Lima
(Membro da Banca)

Dr. Miguel Henrique Rosa Franco
(Membro da Banca)

Prof^ª. Dr^ª. Adriane de Andrade Silva
(Orientadora)

UBERLÂNDIA – MG

2021

AGRADECIMENTOS

À Deus!

À minha família, por toda dedicação e Amor!

Aos amigos e colegas que estiveram todo o tempo comigo!

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade.

Ao Instituto de Ciências Agrárias, pela qualidade e apoio na conclusão de mais essa etapa.

Nunes, Vinícius Barroso. Universidade Federal de Uberlândia, Junho, 2021. Atributos químicos do solo em sistema silvipastoril após aplicação de água residuária de suinocultura, 28p. Orientadora: Prof^a Dr^a Adriane de Andrade Silva

RESUMO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são uma oportunidade de se obter produtividade aliada à sustentabilidade. Quando se consegue o aproveitamento de rejeitos de suinocultura nesses sistemas, torna-se ainda mais importante o avanço desta tecnologia. Avaliou-se o experimento de sistemas agrofloretais com *Corymbia citriodora* em linha dupla com *Urochloa decumbens* nas entrelinhas das espécies arbóreas. O experimento foi implantado e comparou-se qualitativamente o efeito do sistema de incorporação do dejetos de suínos em relação aos atributos do solo. Objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo após 4 anos de aplicação de água residuária de suinocultura (ARS). O delineamento foi de blocos casualizados com 4 repetições, com 5 tratamentos, que foram doses de ARS: 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 após 4 anos de aplicações sucessivas de ARS. As sucessivas aplicações de ARS proporcionaram ao solo aumento dos nutrientes no primeiro ano de implantação, principalmente na camada mais superficial do solo. A aplicação da ARS após quatro anos em um sistema silvipastoril altera o teor de nutrientes no solo. Entre os macronutrientes, houve redução de P e Ca e manteve os teores de S e Mg. O K apresentou elevação. Entre os micronutrientes, os teores de Cu, Fe Mn e Zn sofreram aumento, enquanto os valores de B se mantiveram estáveis. Os elemento P e K apresentaram maiores acúmulos com as doses de 600 m³ ha⁻¹, enquanto que o S apresentou maior acúmulo com as doses de 600 e 800 m³ ha⁻¹. Cu, Fe e Zn apresentaram teores elevados quando submetidos à dosagem de 600 m³ ha⁻¹.

Palavras Chave: Aplicação de resíduos, nutrientes no solo, sistemas agrofloretais, sustentabilidade.

Nunes, Vinícius Barroso. Federal University of Uberlândia, June, 2021. Soil chemical attributes in a silvopastoral system after swine wastewater application, 28p.

Supervisor: Prof^a Dr^a Adriane de Andrade Silva

ABSTRACT

Agroecosystems in an integrated crop-livestock-forest system are an opportunity to obtain productivity combined with sustainability. And if the use of residues, such as swine manure, can still be incorporated, the advancement of this technology becomes even more important. In this sense, the objective was to evaluate the chemical attributes of the soil after 4 years of swine wastewater application in an agroforestry system. The experiment of agroforestry systems with *Corymbia citriodora* in a double row with pastures between the rows of tree species was evaluated. The experiment was implemented and the system was qualitatively compared in relation to soil attributes. The design was randomized blocks with 4 replications. The treatments were 5 doses of swine wastewater: 0, 200, 400, 600 and 800 m³ ha⁻¹ year⁻¹. The dynamics of variations in soil chemical attributes were evaluated in the 0.0-0.20 layers; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m depth after 4 years of successive ARS applications. The successive applications of ARS provided the soil with an increase in nutrients in the first year of implantation, mainly in the most superficial layer of the soil. The application of ARS after four years in a silvopastoral system alters the nutrient content in the soil. Among the macronutrients, there was a reduction in P and Ca and maintained the levels of S and Mg. The K showed elevation. Among the micronutrients, the contents of Cu, Fe Mn and Zn increased, while the values of B remained stable. The doses of 600 m³ ha⁻¹ showed greater accumulations for P and K, while the S had greater accumulation with the doses of 600 and 800 m³ ha⁻¹. Cu, Fe and Zn presented high contents when submitted to a dosage of 600 m³ ha⁻¹.

Key Words: Agroforestry systems, soil nutrients, sustainability, waste application.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 Sistema Agrosilvipastoril	10
2.1.1 <i>Corymbia Citriodora</i>	10
2.1.2 <i>Urochloa decumbens</i>	11
2.2 Água Residuária de Suinocultura	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES.....	22

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking de produção mundial de suinocultura (USDA, 2021) e vem em constante aumento. Com a alta demanda de suínos no país, se eleva também a produção de dejetos produzidos pelos mesmos, os quais formam a Água Residuária de Suinocultura (ARS). O descarte incorreto desse material pode causar danos ao ambiente, podendo ocorrer, por exemplo, a eutrofização, quando entram em contato com leitos de água. Tais adversidades podem ocorrer devido a ARS possuir elementos como a MO, N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Para o correto descarte dos dejetos advindos dos suínos, é necessário fazer o tratamento dos mesmos. Uma tática utilizada é com o uso de biodigestores e posterior utilização dessa água onde quando, aplicada em doses corretas, poderá ser utilizada como fertirrigação e conseguirá disponibilizar os nutrientes para o solo e as culturas ali manejadas.

Trabalhos com a ARS estão sendo desenvolvidos em muitos lugares do país, com a intenção do reaproveitamento de materiais, que podem gerar menores despesas aos produtores, pois terão menores gastos com adubos, além de poder resultar na venda e utilização de gases gerados pelo biodigestor.

De acordo com Dias-Filho (2011), 50% das pastagens no Brasil estão em estado degradado. Existem hoje muitos conceitos sobre recuperação e melhores técnicas de manejo tanto para recuperar áreas degradadas como para melhorar o desempenho da produção nas propriedades, sendo o sistema silvipastoril uma dessas técnicas. O sistema silvipastoril é um sistema onde há a combinação de animais, pastagem e árvores, que consegue reduzir a erosão, melhorar a conservação da água, diversificar a produção e melhorar o conforto animal (RIBASKI; RIBASKI, 2018). Com esse sistema, além de todos os benefícios para o animal e para o solo, o produtor consegue agregar vendas de madeira, frutos e demais materiais advindos das árvores.

O Brasil possui o segundo maior rebanho de bovinos do mundo, com cerca de (USDA, 2021), sendo também o maior exportador de carne bovina (USDA, 2021). Por isso a necessidade de novas tecnologias, onde se pode aumentar ainda mais as produções, visto que há muitas áreas ainda sem produções no Brasil.

Os solos adequados ao gado necessitam da presença de nutrientes como o nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, além de micronutrientes, os

quais se estiverem em desalinho com o necessário, pode causar danos à pastagem, sendo necessária uma correção.

A utilização da ARS em sistema silvipastoril é uma oportunidade para o produtor realizar o correto descarte do material, pois utilizaria os elementos ali disponíveis para melhorar a qualidade do solo e aumentar suas produções e receitas. A árvore *Corymbia citriodora* em consórcio com a *Urochloa decumbens* é um consórcio utilizado em alguns desses sistemas implantados pelo Brasil, pois a madeira dessa árvore é muito demandada para o uso na construção e na utilização como lenha e carvão, e a *Urochloa decumbens* é uma espécie que se adapta muito bem em diferentes tipos de solo e clima.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o resultado após 4 anos de aplicação de diferentes doses de Água Residuária de Suinocultura em sistema silvipastoril, com consórcio de *Corymbia citriodora* e *Urochloa decumbens* no solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Agrosilvipastoril

No Brasil, a atividade pecuária é amplamente difundida, sendo a maior parte em pastagem com áreas degradadas com uso da braquiária, muito devido ao manejo incorreto, resultando em problemas com plantas invasoras, solos compactados, toxidez de alumínio e deficiência de fósforo (BRAZ et al., 2004). Segundo Dias-Filho (2011), as pastagens são degradadas devido a vários fatores, que somados, interagem entre si e refletem em uma capacidade de menor de atender o produtor, sendo necessário entender melhor o que causou e entender, para fazer o manejo de forma correta e obter os resultados esperados.

A utilização do sistema Silvipastoril é uma opção para a correção dessas degradações, se baseando no consórcio de pastagens com espécies de árvores (Rozados-Lorenzo et al., 2007; Paciullo et al., 2008). Seus efeitos são estudados e benéficos ao gado, como o melhor conforto aos animais (PAES LEME et al., 2005).

De acordo com a Dias-Filho (2000), a planta forrageira *Urochloa decumbens*, quando na presença de espécies de árvores, apresenta qualidade mais elevada e maior quantidade disponível de matéria seca. Apresenta maiores qualidades nutricionais quanto mais perto estiverem das árvores, no entanto, menor quantidade de biomassa produzida. Apresenta boa viabilidade para o cultivo da madeira e para as proteínas dedicadas aos animais, por hectare.

2.1.1 *Corymbia Citriodora*

A *Corymbia citriodora* no Brasil, está presente em muitas propriedades, pois sua madeira gera ganhos com serraria, carvão e celulose, por exemplo, sendo uma fonte extra de ganho do agricultor. A demanda pela madeira gera o desenvolvimento maior do sistema florestal, além poder integrar sistemas agrosilvipastoris (SANTAROSA, 2014). De acordo com Bernardi et al. (2012), a produção de mudas tem sido um grande desafio pela dificuldade encontrada, devido a apresentarem, em geral, menor crescimento, e alta suscetibilidade às doenças e exigência de nutrientes. Isso pode fazer com que haja baixa absorção dos elementos em cobertura, devido ao processo de lixiviação acontecer forma rápida.

2.1.2 *Urochloa decumbens*

Segundo Kissmann (1997), a *Urochloa decumbens*, conhecida como capim braquiária, uma espécie de planta forrageira, de grande importância, devido ser adaptável para realização de reflorestamento, onde consegue ter difícil controle, de tal forma que consegue formar uma boa área de pastagem. É uma espécie que se adapta bem à períodos de estiagem, se estabilizando de jeito agradável em áreas tropicais com boa umidade, em diferentes solos, em áreas de terra arenosa e argilosa e com grande competitividade. Recomenda-se evitar regiões de baixas temperaturas (CONSTANTIN; OLIVEIRA JUNIOR; MACIEL, 2000).

2.2 Água Residuária de Suinocultura

A suinocultura tem um grande desafio que é a correta manutenção e aplicabilidade de seus dejetos que são produzidos, podendo os mesmos, sem os devidos cuidados aplicados, poluírem o ar com fontes de Nitrogênio, Carbono e Enxofre, e também pode afetar leitos de água na superfície e embaixo da terra, com algumas fontes nitrogenadas. Por isso, quando há o devido cuidado, os danos causados são menores do que o normal (SERAFIM, 2010).

De acordo com Vielmo (2008), a limpeza dos locais onde os suínos ficam, os excrementos dos suínos, o restante da sua alimentação que ficam ali espalhadas e outros processos ali feitos, resulta no produto final. A água residuária de suinocultura, quando feita sua aplicação no solo, auxilia na matéria orgânica e alguns elementos, além de apresentar pontos positivos para a parte física e química. De acordo com a fase em que os animais se encontram, diferenças na composição da ARS serão notadas, pois o tratamento na alimentação se difere de acordo com a necessidade que cada fase apresenta.

Segundo Paiva (2019), após três anos de aplicação de ARS em área de consórcio de *Urochloa decumbens* e *Corymbia citriodora*, houve maior concentração de micronutrientes nas profundidades de 0 a 20 cm, além do aumento de K, Mg e Ca, e com as indicações de crescimento nos anos subsequentes. As doses adequadas para promover aumento de Cu, foram as de 400 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

De acordo com Amaral (2020), a ARS tem influência na porcentagem apresentada de Cálcio em relação à CTC total, sendo que uma dose de 642,85 m³ ha⁻¹

ano⁻¹ em uma área com pasto pela cultura *Urochloa decumbens*, apresenta a menor proporção deste na terra em questão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Bonsucesso, localizada no município de Uberlândia-MG, na rodovia Campo Florido Km 20, nas coordenadas geográficas: Lat. 19°05'17"S; Long. 48°22'00"W e altitude média de 820 metros, em relação ao nível do mar. A Figura 1 mostra marcado em vermelho a área onde foi realizado o teste com aplicação de ARS.



Figura 1. Imagem da Fazenda Bonsucesso onde mostra, em vermelho, a área onde foi aplicado o teste com ARS.

Fonte: Google Earth.

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.

Antes da instalação do experimento, coletou-se amostras de solo nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm e realizou a análise, para averiguar as características químicas do solo (Tabelas 1 e 2). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al., 2013).

Segundo Ribeiro et al. (1999), o pH observado nas três profundidades, de acordo com a Tabela 1, é considerado bom com acidez média, excluindo a necessidade da correção da acidez do solo. Porém os demais atributos de solo, estão classificados como não adequados para a aptidão agrícola. Já os teores iniciais dos micronutrientes, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, antes da aplicação da ARS, 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	0,93	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, 2013). M.O. = Método Colorimétrico.

Tabela 2. Teores de micronutrientes e concentrações de argila, antes da aplicação de ARS, 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)(EMBRAPA, 2013). Argila: Método da pipeta (EMBRAPA, 2011).

O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014, com arranjo em linhas duplas. O espaçamento utilizado foi o de 2 metros entre plantas e 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas. Na entrelinha foi realizado o consórcio com *Urochloa decumbens*. As parcelas experimentais foram 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, onde estavam sendo aplicados os tratamentos.

A adubação de plantio e cobertura foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, seguindo os dados de 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, localizadas na projeção da copa, foi realizado com capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, respectivamente, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

A água residuária de suinocultura (ARS) foi proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com 6.000 animais na fase de engorda, apresentando um volume médio de 110 m³ de ARS por dia. Os dejetos eram manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização. Em todas as aplicações de ARS, foram coletadas amostras para a caracterização da sua composição química para formação de uma amostra composta de cada mês para análise (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS), de uma granja de terminação em Uberlândia, Minas Gerais, 2014.

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(P ₂ O ₅) 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

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições (Figura 2). 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 em duas épocas, da água, no mês de janeiro e da seca, no mês de julho.

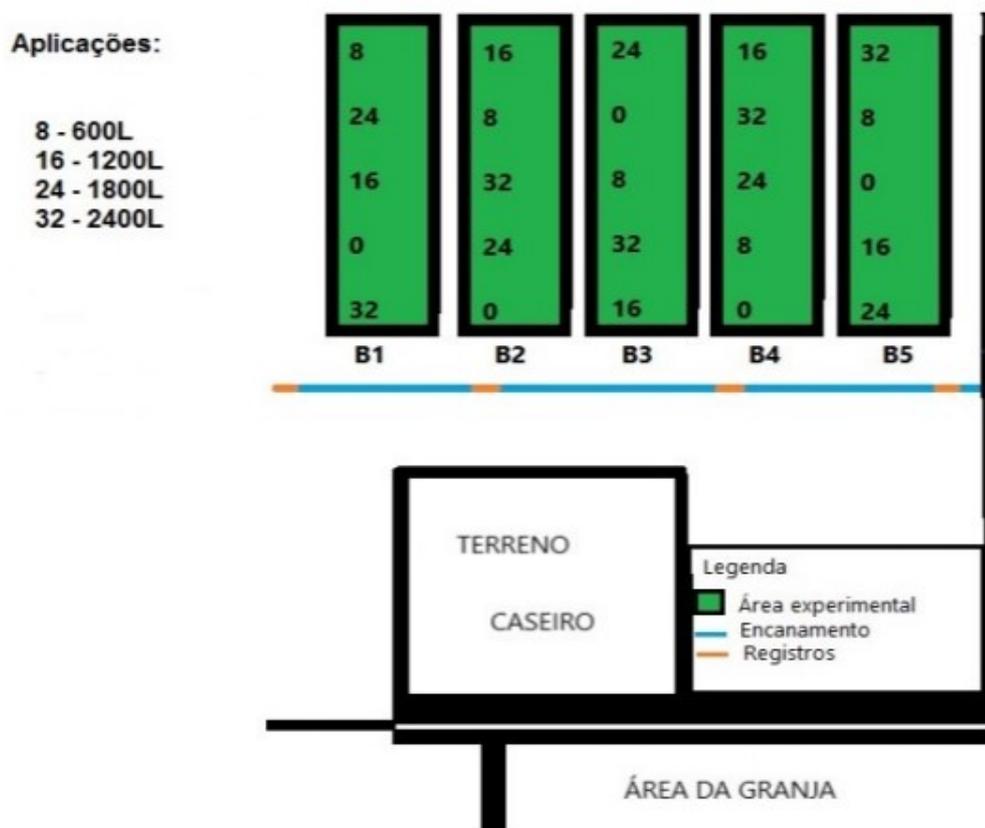


Figura 2. Croqui da área experimental na Fazenda Bonsucesso, em Uberlândia, Minas Gerais, 2014.

Foi realizado o programa estatístico SISVAR para obter os dados a 5% de significância. As análises de variância foram realizadas utilizando para as doses de ARS a regressão e Tukey para a profundidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a análise de variância para os macronutrientes P, K, S, Ca e Mg, (Tabela 4), em que observou-se que não houve diferença significativa nos teores de S e Mg para as diferentes doses. Enquanto os nutrientes P, K e Ca, apresentaram diferença significativa. Para P e K, a dose de 600 m³ ha⁻¹ apresentou maior acúmulo de nutrientes. O enxofre (S) apresentou maior acúmulo com as doses de 600 e 800 m³ ha⁻¹.

Tabela 4. Média dos teores dos macronutrientes, P, K, S (mg dm⁻³) e Ca e Mg (cmol_c dm⁻³) no solo com cultivo de *Corymbia citriodora* consorciado com *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

¹ Dose (m ³ ha ⁻¹)	Profundidade do solo (cm)														
	P			K			S			Ca			Mg		
	mg dm ⁻³			mg dm ⁻³			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	15,5	5,32	1,8	32,2	11,4	7,2	21,2	10,8	20,6	0,46	0,80	0,80	0,58	0,32	0,24
200	2,1	0,9	0,3	28,2	21,8	25,6	14,4	16,6	10,6	0,22	0,34	0,50	0,34	0,24	0,26
400	1,3	0,6	0,5	38,4	27,4	20,6	17,8	20,6	46,0	0,20	0,40	0,78	0,30	0,34	0,32
600	4,0	2,0	1,4	77,0	43,8	45,0	39,8	65,0	57,4	0,16	0,40	0,28	0,20	0,22	0,16
800	0,7	0,5	8,9	26,8	39,0	33,8	63,6	65,6	39,4	0,44	0,66	0,22	0,20	0,24	0,18
Média	4,7a	2,6b	1,9b	40,5a	28,7ab	26,4b	31,6a	35,7a	34,8a	0,29b	0,52a	0,52a	0,32a	0,27a	0,23a
	(2) W=0,177; F _{levене} =2,077; F _{aditividade} =65,099			(2) W=0,146; F _{levене} =1,130; F _{aditividade} =17,201			(2) W=0,106; F _{levене} =0,778; F _{aditividade} =0,306			(2) W=0,106; F _{levене} =0,675; F _{aditividade} =1,001			(2) W=0,067; F _{levене} =0,711; F _{aditividade} =5,041		

¹médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; ² W, F_{levене}, F_{aditividade}; Estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância respectivamente

De acordo com Tabela 1, houve um decréscimo nos aportes de Fósforo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Segundo Fonseca et al. (2007), com a aplicação de ARS, o aporte de P determina um valor não muito elevado no solo. Para algumas doses, o valor do tratamento controle apresentou-se mais elevado para a disponibilidade de P. Na figura 3, o gráfico mostra o declínio de P, em relação aos teores do tratamento controle, com leve aumento quando a aplicação foi na dose mais elevadas de ARS (800 m³ ha⁻¹).

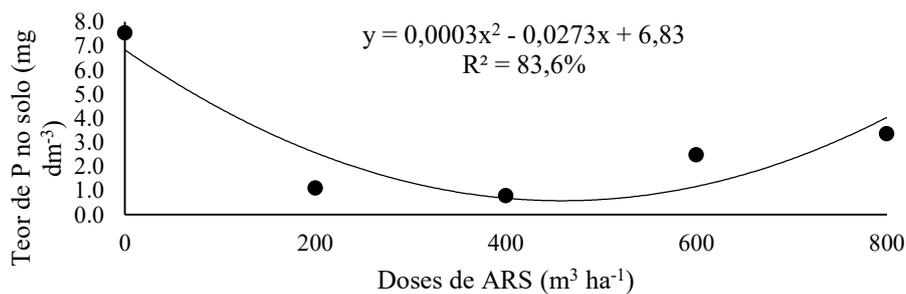


Figura 3. Média dos teores de P (mg dm⁻³) no solo com cultivo de *Corymbia citriodora* consorciado com *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

Além disso, a disponibilidade de P fica maior nas camadas superficiais do solo, após a utilização de ARS (QUEIROZ et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005), devido à baixa mobilidade que o elemento tem no solo, o que justifica a camada de 0-20 cm se diferenciar significativamente das camadas de 20-40 e 40-60 cm. Há uma maior concentração na camada superficial em relação as demais camadas avaliadas.

Os teores de potássio aumentaram com a aplicação da ARS. Muito disso, porque uma quantidade elevada do K que os suínos consomem, são eliminados pelos próprios (BERNARDES, 2017), sendo que esse valor poder chegar a 95 % do que é fornecido aos mesmos. O K apresentou aumento, em especial na dose de 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Segundo Klepker & Anghinoni (1995), o K apresenta alta mobilidade, apresentando-se redistribuído nos vários perfis de solo. Porém, de acordo com os resultados da Tabela 4, o K ficou mais retido na camada de 0-20 cm. Segundo Júnior (2016), o acúmulo pode ocorrer devido a dose elevada do elemento ser maior que o recomendado.

Para os valores de Ca, houve um decréscimo quando comparado com o solo antes do início das aplicações, diferindo apenas na camada de 40-60 cm, onde houve um pequeno aumento. Segundo Mendonça & Rowell (1994), esse decréscimo pode se dar pelo fato de a ARS apresentar uma quantidade baixa do elemento Ca²⁺, ou pode ser explicado pela Matéria Orgânica ter grande retenção do elemento. Assim como no P, o declínio dos valores de Ca é mostrado no gráfico, na Figura 4, porém se mantendo mais estável mesmo com maiores doses de ARS.

A diferença significativa no Ca se dá em função da lixiviação de Cálcio que é aumentada com a utilização de meio orgânicos (FURTINI NETO, 2001). De acordo

com Maggi et al. (2011), a água residuária auxilia na liberação CO_2 , onde haverá conseguinte lixiviação de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ juntamente de água, aumentando os argumentos onde a lixiviação aumenta com a utilização dos orgânicos.

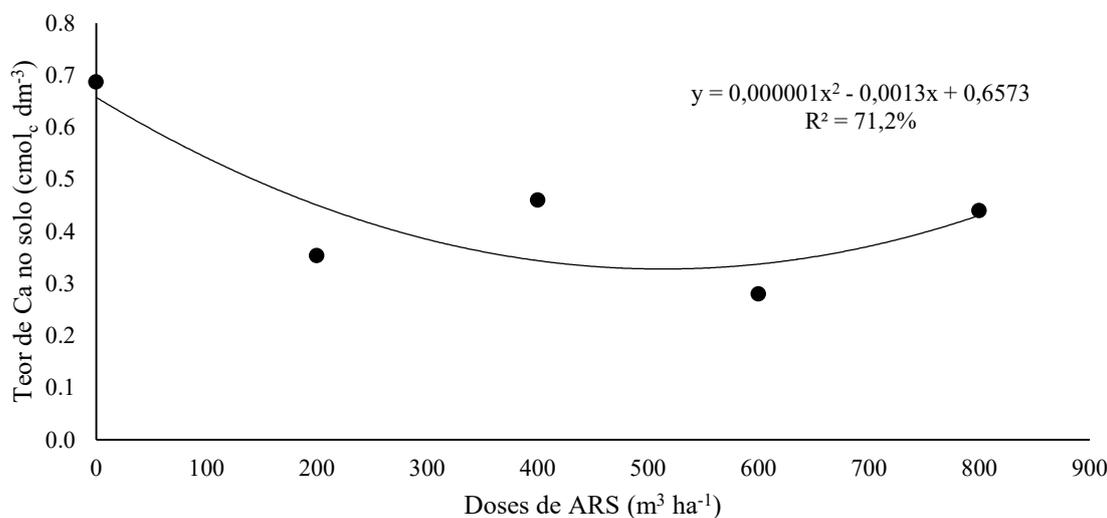


Figura 4. Média dos teores de Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo com cultivo de *Corymbia citriodora* consorciado com *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS)

Não houve diferenças significativa para os teores de S e Mg em relação as diferentes profundidades. O teor de Mg apresentado obteve poucas diferenças dos teores encontrados no início do experimento.

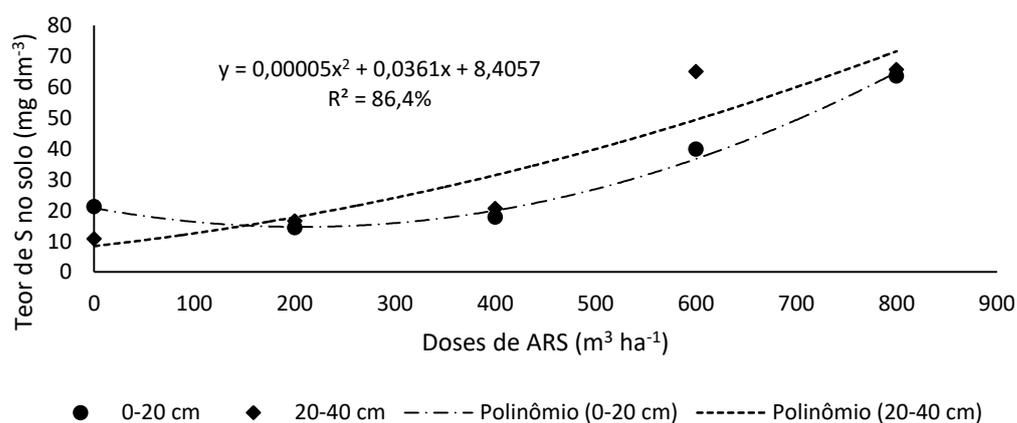


Figura 5. Média do teor de S (mg dm^{-3}) em diferentes profundidades do solo com cultivo de *Corymbia citriodora* consorciado com *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

De acordo com a Figura 5, os teores de S foram maiores de acordo com o aumento das doses de ARS administradas, porém mostrando valores parecidos para as diferentes profundidades.

Tabela 5. Média dos teores dos micronutrientes, B, Cu, Fe e Zn (mg dm^{-3}) no solo com cultivo de *Corymbia citriodora* consorciado com *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

Dose ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Profundidade do solo (cm)														
	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	0,10	0,06	0,04	1,30	0,56	0,38	104,0	62,2	48,6	18,2	10,0	7,5	2,12	0,24	0,14
200	0,02	0,00	0,00	2,00	1,08	0,78	98,2	71,0	59,8	13,0	10,5	10,6	1,66	0,62	0,18
400	0,02	0,02	0,02	1,76	1,48	1,02	100,2	67,6	65,0	23,1	15,1	15,3	2,48	1,98	1,12
600	0,10	0,14	0,08	3,72	3,00	2,36	118,6	93,4	94,6	12,1	15,8	10,7	2,46	2,02	1,38
800	0,06	0,16	0,20	1,98	2,20	4,24	77,6	75,2	120,8	13,6	13,5	13,2	0,90	1,02	3,36
Média	0,06a	0,08a	0,07a	2,15a	1,66a	1,76a	99,7a	73,9a	77,8a	16,0a	13,0ab	11,5b	1,92a	1,18b	1,24b
	⁽²⁾ W= 0,153 ; F _{levене} = 0,945 ; F _{aditividade} = 7,718			⁽²⁾ W= 0,107 ; F _{levене} = 1,137 ; F _{aditividade} = 5,122			⁽²⁾ W= 0,089 ; F _{levене} = 0,267 ; F _{aditividade} = 2,507			⁽²⁾ W= 0,157 ; F _{levене} = 0,844 ; F _{aditividade} = 0,090			⁽²⁾ W= 0,151 ; F _{levене} = 0,988 ; F _{aditividade} = 5,798		

¹médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; ² W, F_{levене}, F_{aditividade}; Estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância respectivamente

A Tabela 5 mostra que houve diferença significativa apenas nos teores de Zn e Mn, sendo que ambos ficaram mais retidos nas camadas mais superficiais. Segundo Queiroz et al. (2004), o Zn teve maiores teores na camada de 0-20 cm, apresentando mobilidade reduzida. Enquanto os outros micronutrientes B, Cu e Fe, apresentaram valores sem diferença significativa. Cu, Fe e Zn apresentaram teores elevados quando submetidos à dosagem de 600 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Os teores de B foram os únicos que tiveram algum decréscimo, e todos obtiveram valores muito parecidos, em relação à tabela 2. A sua não diferença significativa pode ser explicada por Ribeiro et al. (1999), determinando que o B tem uma mobilidade elevada.

Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn aumentaram consideravelmente quando comparados com a Tabela 2. Segundo L'Herroux et al. (1997), Hsu & Lo (2000) e Mattias (2006), metais pesados, como o Zn e o Cu, estão presentes na água residuária.

Os valores de Cu e Zn estão acima dos encontrados na literatura, quando Gomes Filho (2000), encontrou concentrações de Cu entre 1,53 e 1,33 mg.dm^{-3} e concentrações de Zn entre 1,45 e 1,32 mg.dm^{-3} .

Queiroz (2000), observou variações no Fe entre 28,22 e 757,95 mg.dm⁻³, ocasionando então que os valores observados no experimento estão dentro do esperado. Segundo Borkert (1993), o decréscimo do pH tem influência direta na forma em que o Mn tem sua predominância no solo.

Alguns micronutrientes como o cobre, ferro, manganês e zinco, têm seus teores reduzidos quando há o aumento do pH no solo (CAMARGO et al., 1982). Logo, como não houve aplicação de calcário, que liberaria Ca e OH, onde as hidroxilas iriam complexar o Al e H, influenciou para uma redução do pH. Assim, os aumentos dos nutrientes em questão foram evidenciados.

5. CONCLUSÕES

A aplicação da ARS após quatro anos em um sistema silvipastoril altera o teor de nutrientes no solo. Entre os macronutrientes, houve redução de P e Ca e manteve os teores de S e Mg. O K apresentou elevação. Entre os micronutrientes, os teores de Cu, Fe Mn e Zn sofreram aumento, enquanto os valores de B se mantiveram estáveis.

As doses de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apresentaram maiores acúmulos para P e K, enquanto que o S apresentou maior acúmulo com as doses de 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Cu, Fe e Zn apresentaram teores elevados quando submetidos à dosagem de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C. M. Atributos químicos do solo após três anos de aplicação de água residuária em *Urochloa decumbens*. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

ASSMANN, J. M., et al. Acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007. Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007.

BERNARDES, R. F. B. Água residuária de suínos em um sistema agroflorestal: atributos químicos e translocação de nutrientes no solo, 2017. 88f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BERNARDI, M. R.; JUNIOR, M. S.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.

BERTO, J.L. Balanço de nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves como instrumento de gestão ambiental. 2004. 196 f. **Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental)** – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BORKERT, C.M. Micronutrientes no solo: Manganês. In: FERREIRA, M.E. & DA CRUZ, M.C., eds. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, Potafos/CNPq, 1993. p.173-190.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica do Solo e a Recuperação do Potencial Produtivo em Sistemas de Baixo “Input” Tecnológico na Região dos Cerrados. **Circular Técnica 9: EMBRAPA**. Seropédica – RJ, 2004.

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, 2011.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 6:83-8, 1982.

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

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; MACIEL, C. D. G. Azafenidin: novo herbicida para o controle de plantas daninhas em *Eucalyptus camaldulensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 405-411, 2000.

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

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A.; GOMES, S. D.; NÓBREGA, L. H. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja; cobre e zinco no material escoado e no solo Swine wastewater application in soil cultivated with soybean; copper and zinc in the runoff material and in the soil. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 699-709, 2008.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **4. ed. rev., atual. e ampl.** Belém, PA, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* e *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Tropicais Degradadas. **Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ** – João Pessoa – PB, 2006.

DIAS-FILHO, M. B. Uso de Pastagens para a Produção de Bovino de Corte no Brasil: Passado, Presente e Futuro. **Belém – PA: Embrapa**, 2016. 42 p.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, v.10, n.14, p.4-28, 2002.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U; PAULA, A. M. et al. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, v. 64, n.2, p.194-209, 2007.

FRANCO, A. Resíduos Orgânicos gerados pelas atividades de suinocultura, avicultura e bovinocultura. **Sindicato Rural de Uberlândia**, Uberlândia, 2017. Disponível em: <http://www.camaru.org.br/blog/2017/06/07/residuos-organicos-gerados-pelas-atividades-de-suinocultura-avicultura-e-bovinocultura/>, acesso em 15 de dezembro de 2019. Uberlândia, 2017.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Lavras, ESAL/FAEPE. 252p. 2001.

GOMES FILHO, R. R. **Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. Viçosa: UFV, 2000. 139p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

GONÇALVES, R. A. B. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. **Tese (mestrado)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO. O. B.; CONDÉ, M. S.; SILVA, M, D.; FERREIRA, I. M. 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, 2014.

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

JÚNIOR, G. P. S. Acúmulo e movimento vertical de fósforo e potássio em solos de áreas cultivadas com uva e manga no vale do submédio do São Francisco. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *Campus Petrolina Zona Rural*, 41p, 2016.

KISSMANN K.G. Plantas infestantes e nocivas. 2ª ed. **São Paulo: BASF**, 1997. Tomo I. p.393-5.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.395-401, 1995.

L'HERROUX, L. et al. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environmental Pollution**, v. 97, n. 1, p. 119-130, 1997.

LEITE, L. F. C; Mendonça, E. S., Machado, P. L. O. A., Matos, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal Soil Research**, v.41, p.717-730, 2003.

MAGGI, C. F., FREITAS, P. D., SAMPAIO, S. C., DIETER, J. Lixiviação de 24 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, 2011.

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

MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

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

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.

PAES LEME, T. M .S.; PIRES, M. de F. Á.; VERNEQUE, R. da S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.668-675, 2005.

PAIVA, M. M. Aplicação de água residuária de suínos no sistema silvipastoril. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

QUEIROZ, F. M. **Avaliação de gramíneas forrageiras para o tratamento de águas residuárias da suinocultura**. Viçosa: UFV, 2000. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2000.

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

REIS, C. A. F.; ASSIS, T. F.; SANTOS, A. M.; FILHO, E. P. *Corymbia citriodora*: o estado da arte de pesquisas no Brasil. **Colombo - PR: Embrapa**, 2013, 57 p.

RIBASKI, J.; RIBASKI S. A. G. Sistemas silvipastoris como estratégia de desenvolvimento sustentável para o bioma Pampa no estado do Rio Grande do Sul. **4º Encontro Brasileiro de Silvicultura**. Ribeirão Preto – SP, 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**. Viçosa, 1999.

ROZADOS-LORENZO, M. J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M. P.; SILVA-PANDO, F. J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.70, p.53-62, 2007.

SANTAROSA, E.; JÚNIOR, J. E. P.; GOULART, I. C. G. R.; JÚNIOR, J. F. P. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. **Transferência de Tecnologia Florestal – Embrapa**. Brasília – DF, ed 1, p. 13-22, 2014.

SANTOS H.G. dos, et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 353p. 2013.

SERAFIM, R. S. Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura. 2010. vi, 89 f. **Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

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