

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**Thais Girardi Carpanez**

**Alterações nas características químicas de um Planossolo após aplicação de  
biofertilizante**

**Juiz de Fora  
2019**

**Thais Girardi Carpanez**

**Alterações nas características químicas de um Planossolo após aplicação de biofertilizante**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de Concentração: Engenharia Ambiental

Orientador: Jonathas Batista Gonçalves Silva.  
Coorientadora: Vanessa Romário de Paula.

**Juiz de Fora  
2019**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por estar sempre presente em minha vida e tornar possível a conclusão desse ciclo.

Agradeço aos meus pais, Luiz Carlos e Silvana, pelo amor, pelo exemplo diário, pela total dedicação e por nunca medirem esforços para proporcionarem o melhor para mim e meus irmãos. Aos meus irmãos, Arthur e Thársia, pela paciência, amizade, amparo e por sempre se fazerem presentes. Ao meu amor, Rafael, pelo apoio, companheirismo, carinho e por sempre acreditar em mim.

Ao meu orientador Jonathas, por todos os ensinamentos, pela dedicação, confiança, amizade e oportunidade. A todos os mestres, que tive o prazer de conviver durante a graduação, pelos conhecimentos ministrados, os quais contribuíram para a minha formação profissional.

Aos amigos que se mantiveram presentes ao longo desta caminhada, pelo apoio, pelos momentos compartilhados e por cada etapa vencida.

Aos meus coorientadores, Vanessa e Marcelo, pelos ensinamentos compartilhados, pela confiança, amizade e dedicação. À Embrapa – Gado de Leite por tornar possível a realização deste estudo. Aos amigos de estágio, Mayara, Matheus, Luan, Renan, Raphaela e Andressa, os quais tiveram papel fundamental na realização deste trabalho e pelo apoio diário. Aos funcionários da Fazenda, pelo total suporte.

A todos que contribuíram para que se tornasse possível a realização deste trabalho.

## RESUMO

A tendência mundial de crescimento da produção e produtividade leiteira, seguida pelo Brasil, aliada ao tipo de sistema de criação utilizado, em especial o sistema de confinamento, tende a gerar quantidades consideráveis de dejetos, os quais quando mal manejados e sem o devido tratamento, podem causar danos ao meio ambiente, o que os tornam um desafio ambiental e econômico. Uma alternativa de tratamento para minimizar tais danos é a digestão anaeróbia, que gera como subproduto o biogás e um líquido efluente chamado de biofertilizante. Esta água residuária, possui alta concentração de nutrientes que possibilitam a melhoria de características químicas, física e biológicas do solo e são essenciais para o desenvolvimento de cultivos, o que torna seu aproveitamento na fertirrigação eficiente. Desta forma, no presente estudo objetivou-se avaliar quimicamente o solo, antes e após a aplicação do biofertilizante, proveniente da digestão anaeróbia da bovinocultura leiteira, no cultivar BRS Capiçu. O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco – MG, durante os meses de novembro de 2017 a julho de 2018. As aplicações decorreram em diferentes doses de biofertilizante – lâminas de 0, 24, 48, e 72 mm – divididas em diferentes tratamentos analisados. Foram realizadas coletas de solo, de cada tratamento, em duas camadas distintas (0-20 cm e 40-60 cm), antes e após a aplicação do biofertilizante e realizadas a suas caracterizações. Para tal, foram feitas análises de pH em água, Al, Ca, Mg, sódio, potássio, acidez total, fósforo, nitrogênio, carbono, micronutrientes. Quando aplicado ao solo, o biofertilizante, foi capaz de propiciar, na zona radicular da planta, um incremento de nutrientes essenciais ao cultivo, além de juntamente a este, evitar a lixiviação de compostos como metais e sais que podem causar danos ao meio ambiente.

Palavras chave: 1. Água Residuária. 2. Fertirrigação. 3. Dejetos.

## ABSTRACT

The worldwide trend of growth in milk production and productivity, followed by Brazil, combined with the type of rearing system used, especially the confinement system, tends to generate considerable amounts of waste, which when mishandled and without proper treatment, can cause damage to the environment, which makes them an environmental and economic challenge. An alternative treatment to minimize such damage is anaerobic digestion, which generates biogas and an effluent liquid called biofertilizer as a byproduct. This wastewater has a high concentration of nutrients that enable the improvement of chemical, physical and biological characteristics of the soil and are essential for the development of crops, which makes its use in fertigation efficient. Thus, the present study aimed to chemically evaluate the soil before and after the application of biofertilizer, derived from anaerobic digestion of dairy cattle, in the cultivar BRS Capiacu. The experiment was carried out in the experimental field of Embrapa Gado de Leite, in the municipality of Coronel Pacheco - MG, from November 2017 to July 2018. The applications took place in different doses of biofertilizer - blades 0, 24, 48, and 72 mm - divided into different treatments analyzed. Soils were collected from each treatment in two distinct layers (0-20 cm and 40-60 cm), before and after the application of biofertilizer and performed to their characterization. For this, pH analyzes were performed in water, Al, Ca, Mg, sodium, potassium, total acidity, phosphorus, nitrogen, carbon, micronutrients. When applied to the soil, the biofertilizer was able to provide, in the root zone of the plant, an increase of nutrients essential to cultivation, and together with this, prevent the leaching of compounds such as metals and salts that can cause damage to the environment.

Keywords: 1. wastewater. 2. Fertigation. 3. Waste.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÃO.....	21
5. REFERÊNCIAS .....	22

## 1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de leite para o ano de 2017 foi superior a 33 bilhões de litros, sendo Minas Gerais o estado de maior produção e a região Sudeste, em destaque, como a segunda maior produtora (Pesquisa Pecuária Municipal – IBGE,2017). Ressalta-se ainda, segundo Zooccal (2018), que a atividade leiteira no Brasil segue uma tendência mundial de crescimento da produção e da produtividade, com um conseqüente aumento do número de animais em produção por sistema.

Para atingir tal produção são utilizados os mais variados sistemas de criação de gado leiteiro, em destaque o sistema de confinamento, que segundo Batista et al. (2014), apresenta como problemática a geração em quantidade considerável de dejetos produzidos por unidade de área, sendo que sua disposição final envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos, que se tornam um grande desafio para criadores e especialistas, principalmente se considerarmos que a produção média de dejetos é da ordem de 317 milhões de toneladas por ano, conforme aponta o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA (2012). Além disso, de acordo com os estudos realizados pela EMBRAPA (2015), esse quadro tende a se agravar com o avanço da pecuária leiteira para criações de animais em sistemas de confinamento ou semiconfinamento.

Por sua vez, esses dejetos contribuem para o surgimento de problemas ambientais como, por exemplo, a eutrofização de corpos d'água, quando estes são lançados nos sistemas hídricos sem devido tratamento; a poluição dos solos pelo acúmulo excessivo de fósforo e nitrogênio; e, a emissão de gases ao meio ambiente. Ressalta-se, ainda, que estes resíduos possuem elevada carga orgânica e são ricos em agentes patogênicos,o que traz a necessidade de tratá-los e dispô-los adequadamente (NASCIMENTO, 2016).

Para minimizar os impactos gerados pela atividade da pecuária leiteira, existem inúmeras alternativas de tratamento desses dejetos, como as lagoas de estabilização, os reatores UASB e os biodigestores. Esse último, por sua vez, utiliza o processo de digestão anaeróbia que, favorecido pelo clima tropical do Brasil, consiste na degradação da matéria orgânica por conta da ausência de oxigênio e pela ação de microrganismos, o que gera como subproduto o biogás e um líquido efluente (esse último chamado biofertilizante). O primeiro subproduto, composto principalmente de metano e dióxido de carbono, pode ser utilizado como fonte de energia. Já o segundo, por conter minerais e nutrientes essenciais para o solo e para a planta na agricultura, é utilizado comumente como fertilizante (EMBRAPA, 2015).

Esse biofertilizante possui alta concentração de nitrogênio, fósforo, ferro, potássio e cálcio, nutrientes que possibilitam a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo e são primordiais para o crescimento da planta, o que torna o seu aproveitamento na fertirrigação eficiente. Sua aplicação promove ainda, um aumento na qualidade do solo, aumentando sua capacidade de troca catiônica, além de acarretar a incorporação de matéria orgânica em quantidades consideráveis, o que pode proporcionar alterações químicas e físicas no solo. Conforme constatado por Matos et al. (2015), o uso de biofertilizante de dejetos bovinos como fonte de adubação orgânica, aumentou os teores de bases no solo quando comparado à adubação mineral.

Segundo Ricardo(2016), a aplicação de água residuária no solo tem se tornado uma alternativa efetiva na disposição final de efluentes agroindustriais ricos em material orgânico e nutrientes, pois além de beneficiar o meio ambiente com a reutilização dos dejetos, o biofertilizante promove, também, economia ao produtor, uma vez que diminui o uso de adubos químicos e os custos com a produção, ao mesmo tempo que gera o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos (SOUZA et al. 2010; NASCIMENTO, 2016). O que também foi constatado por Sousa et al. (2013) diante de uma maior produtividade das culturas fertirrigadas se comparadas com as provenientes de adubação convencional.

É necessário enfatizar que o êxito da aplicação está intimamente ligado à análise do solo e do biofertilizante a ser utilizado, assim como da cultura a ser plantada. Conforme destacado por vários estudos, a escolha do cultivo deve ser realizada de forma cuidadosa, com a observância das características da capacidade de extração de nutrientes do solo;do crescimento e da absorção de nutriente pela cultura;da tolerância às variações ambientais; e da produção de matéria seca. Uma vez não observadas essas características a aplicação do biofertilizante produzirá efeitos negativos ao meio ambiente e à saúde humana.

Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar, quimicamente, o efeito da aplicação do biofertilizante proveniente da biodigestão anaeróbia da água residuária da bovinocultura leiteira no solo.



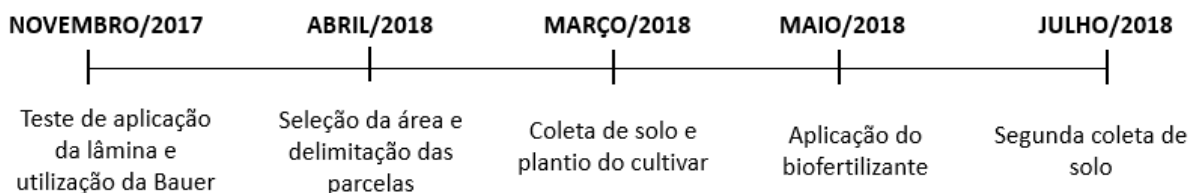
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Campo Experimental José Henrique Bruschi, da Embrapa Gado de Leite, situado na Zona Rural do Município de Coronel Pacheco/MG – Brasil, nas coordenadas geográficas 21° 33' 58" S e 43° 15' 21" W e em uma altitude de 445 metros acima do nível médio do mar. A área em que se desenvolveu o experimento possui um clima caracterizado como Tropical com Inverno Seco (Aw), possui uma temperatura média anual de 21,7 °C e sua estação chuvosa é no verão – de outubro a março – com precipitação média anual de 1.516 mm, sendo Janeiro o mês mais chuvoso e Julho o mais seco (CLIMATE).

Durante a realização do experimento, entre os meses de novembro de 2017 a julho de 2018, a precipitação acumulada foi de 502 mm e a temperatura média de 22,4°C (INMET, 2019). O solo da região de estudo é classificado como Planossolo Distrófico conforme estudo desenvolvido por Maciel et al. (2019).

Na Figura 1 estão representadas as atividades desenvolvidas ao longo dos meses de execução do experimento. Os testes realizados em novembro/2017, com a utilização da Bauer, foram necessários para a identificação e escolha da melhor lâmina a ser aplicada.

**Figura 1** – Linha do tempo das atividades desenvolvidas ao longo da realização do experimento

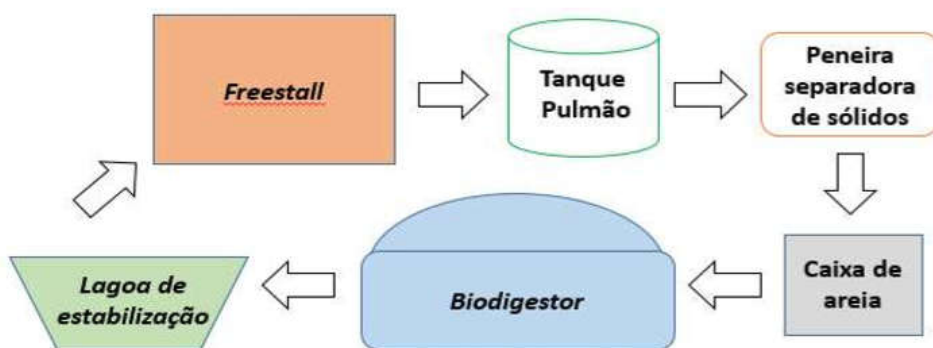


Fonte: Elaborado pela autora.

Antes da aplicação do biofertilizante de água residuária de bovinocultura (ARB), no dia 26/03/2018, foi realizada uma coleta do solo com a finalidade de obter sua caracterização química inicial. Tal caracterização incluiu as análises de pH em água, Al, Ca, Mg, sódio, potássio, acidez total, fósforo, nitrogênio, carbono, micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn), soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica. A coleta foi realizada com um trado manual e se deu em duas camadas distintas, de 0 – 20 cm e de 40 – 60 cm e após a sua realização, as amostras foram secas ao ar e enviadas para a Embrapa Solos onde foram feitas as análises seguindo o Manual de Métodos de Análises de solo (EMBRAPA, 2017).

O biofertilizante utilizado foi retirado da lagoa de estabilização pertencente ao processo de tratamento de água residuária do sistema de lavagem do curral de bovinocultura leiteira, denominado “Genizinha”. O manejo adotado nesta unidade é do tipo “*freestall*” e a higienização das pistas é realizada empregando um sistema de limpeza hidráulica. Nesta unidade o efluente gerado é encaminhado para o sistema de tratamento que consiste em um tanque pulmão, peneira separadora de sólidos, caixa de areia, biodigestor tipo canadense e uma lagoa de estabilização, como mostrado na Figura 2. O efluente armazenado na lagoa de estabilização é reutilizado na limpeza das pistas.

**Figura 2** – Esquema do sistema de tratamento de ARB da área experimental – Embrapa Gado de Leite.



Fonte: Maciel(2016).

Amostras do biofertilizante utilizado no experimento foram coletadas da lagoa de estabilização e enviadas ao Laboratório de Análise Ambiental, localizado em São Paulo (Americana), com vistas a realização de sua caracterização. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Demanda Química de Oxigênio (DQO); Condutividade elétrica; Potássio, Nitrogênio Total; Fósforo Total; Carbono Orgânico Total (COT); seguindo os métodos apresentados por APHA (2012). Na Tabela 1 apresenta-se a caracterização do biofertilizante utilizado no experimento.

**Tabela 1**– Caracterização do biofertilizante proveniente do processo de biodigestão de bovinocultura leiteira utilizado no estudo.

Parâmetros	Resultados
pH	7,3
Condutividade Elétrica(µs/cm)	4517,0
DQO (mg/L)	1725,6
DBO (mg/L)	488,1
Fósforo Total (mg/L)	1,7
Nitrogênio Total (mg/L)	284,3
Potássio (mg/L)	692,1
Carbono Orgânico Total (mg/L)	1215,5

Fonte: Elaborado pela autora.

DQO: Demanda química de oxigênio, DBO:Demanda bioquímica de oxigênio.

No desenvolvimento do estudo foram adotados quatro tratamentos, com distintas doses de aplicação de biofertilizante, com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcela experimental teve dimensões de 5,5 X 5,5 metros, com aproximadamente 7 linhas de plantio.

A aplicação do biofertilizante foi realizada através de um distribuidor de adubos (Bauer), de marca IPACOL, com capacidade de 6.000 litros acoplada a um trator, New Holland, modelo TL75E. A velocidade de deslocamento utilizada foi de 1,1 km/h, na marcha I/1, o que gerou uma lâmina de aplicação de 8 mm, com uma largura de abrangência de 11 metros.

O cultivo utilizado no experimento foi o BRS Capiáçu, clone do Capim elefante de alto rendimento, desenvolvido pela Embrapa Gado de Leite e outros parceiros, e se destaca pela alta produtividade e valor nutritivo de forragem. O cultivar apresenta porte alto, touceiras em formato ereto, folhas largas e compridas, florescimento tardio e boa resistência ao tombamento. Sua produção média é de 100 t/ha/corte de massa verde, o que representa cerca de três vezes a produção de biomassa obtida com as culturas do milho e sorgo (PEREIRA et al. 2016). Tais características indicam que esta cultura possui alto potencial de uso em áreas onde se realiza a fertirrigação com biofertilizantes e águas residuárias, uma vez que favorece a ciclagem de nutrientes no solo.

O plantio do Capim Capiáçu foi realizado no dia 15 de março de 2018 e passados, aproximadamente 45 dias, iniciou-se a aplicação do biofertilizante. Para evitar o risco de escoamento superficial, fracionou-se a aplicação em três semanas seguidas. Na Tabela 2 encontram-se as doses aplicadas com seus respectivos dias e na Tabela 3 está representada a quantidade de nutrientes incorporados ao solo com suas respectivas doses.

**Tabela 2**–Doses de aplicações do biofertilizante utilizada em cada parcela experimental.

Tratamento	07/05/2018	14/05/2018	21/05/2018	Lâmina Total Aplicada (mm)
T0	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)	0
T1	8 (mm)	8 (mm)	8 (mm)	24
T2	16 (mm)	16 (mm)	16 (mm)	48
T3	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)	72

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 3** - Nutrientes incorporados ao solo a partir da aplicação do biofertilizante.

Tratamentos	N aplicado (kg/ha/ciclo)	P aplicado (kg/ha/ciclo)	K aplicado (kg/ha/ciclo)
T0 – 0 mm	0	0	0
T1 – 24 mm	68,3	0,42	166,1
T2 – 48 mm	136,5	0,85	332,2
T3 – 72 mm	204,7	1,28	498,3

Fonte: Elaborada pela autora

\* Dose recomendada de 800 kg/ha/ano ou 200 kg/ha/ciclo de N e de 900 kg/ha/ano ou 225 kg/ha/ciclo de K. (Adaptado de Matos e Matos, 2017)

No dia 11/07/2018, após 56 dias da aplicação do biofertilizante, foram realizadas coletas de solo para a sua caracterização. Com o auxílio de trados manuais, foram retiradas, de cada parcela, amostras do solo em duas camadas distintas: 0 – 20 cm e de 40 – 60 cm. Para obtenção de uma melhor representatividade, para cada parcela, foram realizadas coletas em dez pontos distintos – respeitando as respectivas camadas – e, logo após, realizada a sua homogeneização. As amostras foram identificadas, secas ao ar e enviadas ao laboratório da Embrapa Solos para caracterização dos seguintes parâmetros: pH em água, Al, Ca, Mg, sódio, potássio, acidez total, fósforo, nitrogênio, carbono, micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn), soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica. As análises foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análises de solo (EMBRAPA, 2017).

Os dados foram analisados através de um sistema de parcelas subdivididas, nas quais foram consideradas quatro doses de aplicação de biofertilizante (tratamentos) e, nas subparcelas, as duas camadas de coleta de amostras de solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 95% de confiança. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o *software* SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios dos macros e micronutrientes determinados nas parcelas experimentais antes e após a aplicação do biofertilizante dos tratamentos na camada de 0 a 20 cm, bem como os valores de interpretação de fertilidade do solo para o Estado de Minas Gerais.

**Tabela4** – Valores médios dos teores dos macros e micronutrientes, determinados nas parcelas experimentais antes e após a aplicação dos tratamentos na camada de 0 a 20 cm.

Parâmetros	Início	Tratamento 0	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Nível satisfatório de fertilidade*
Ca <sup>2+</sup> (cmolc.dm-3)	1,30	1,20 (±0,18)	1,15 (±0,13)	1,32 (±0,13)	1,30 (±0,18)	> 2,40
pH	4,40	4,62 (±0,19)	4,60 (± 0,08)	4,82 (± 0,17)	4,75 (± 0,13)	5,5-6,5
Mg <sup>2+</sup> (cmolc.dm-3)	0,60	0,40 (±0,08) <b>B</b>	0,45 (±0,10) <b>B</b>	0,67 (±0,05) <b>A</b>	0,67 (±0,050) <b>A</b>	>0,90
Al (cmolc.dm-3)	0,50	0,42 (±0,22)	0,47 (±0,05)	0,40 (±0,24)	0,32 (±0,09)	<0,5
Na (mg.dm-3)	6,90	2,30 (±0,00) <b>B</b>	6,90 (±4,19) <b>B</b>	12,65 (±4,40) <b>A</b>	14,37 (±2,20) <b>A</b>	-
P (mg.dm-3)	56,92	53,79 (±13,21)	47,73 (± 11,80)	48,59 (±23,86)	49,77 (±14,04)	>12
K (mg.dm-3)	179,40	91,65 (±20,26) <b>B</b>	117,97 (±18,67) <b>B</b>	226,20 (±35,46) <b>A</b>	249,60 (±13,88) <b>A</b>	>70
N (dag.kg-1)	1,70	1,45 (±0,13)	1,47 (±0,09)	1,62 (±0,09)	1,60 (±0,08)	-
C (cmolc.dm-3)	13,10	10,17 (±1,13)	10,40 (±1,41)	11,57 (±0,29)	11,87 (±0,98)	-
Acidez Total (cmol-dm3)	7,76	7,01 (±0,84)	6,80 (±0,53)	7,26 (±1,10)	6,93 (±0,52)	<2,5
<sup>1</sup> CTC <sub>T</sub> (cmolcdm-3)	10,15	8,86 (±0,68)	8,74 (±0,63)	9,89 (±1,08)	9,61 (±0,39)	>8,6
<sup>2</sup> V (%)	23,56	21,01 (±3,98)	22,12 (±1,60)	26,86 (±3,66)	27,94 (±2,60)	>60
<sup>3</sup> SB (cmolcdm-3)	2,39	1,85 (±0,25)	1,93 (±0,18)	2,63 (±0,22)	2,67 (±0,16)	>3,61
Zn (mg/dm3)	7,40	7,76 (±1,13)	6,57 (±0,99)	6,71 (±1,19)	7,53 (±0,85)	>1,00
Mn (mg/dm3)	172,00	104,12 (±4,37)	105,00 (±14,94)	134,25 (±12,07)	138,00 (±6,88)	>6,00
Fe (mg/dm3)	49,20	42,90 (±4,09)	39,90 (±3,82)	43,60 (±12,75)	42,17 (±6,43)	>19
Cu (mg/dm3)	3,02	3,70 (±0,31)	3,35 (±0,55)	3,06 (±0,40)	3,15 (±0,32)	>0,8

1. Capacidade de troca catiônica potencial; 2. Saturação por bases; 3. Soma de Bases.

\* Interpretação de fertilidade do solo para o Estado de Minas Gerais – Adaptada de Ribeiro et al. (1999)

– As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os macros e micronutrientes como cálcio trocável (Ca<sup>2+</sup>), fósforo (P), nitrogênio (N), manganês disponível (Mn), zinco disponível (Zn), cobre disponível (Cu), ferro disponível (Fe), acidez trocável (Al<sup>3+</sup>), capacidade de troca catiônica potencial (CTC<sub>T</sub>),

soma de bases (SB), saturação por bases (V) e pH não apresentaram variação estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e ferro (Fe), em comparação com a recomendação agronômica, adaptado por Ribeiro et al., (1999) apresentaram suas concentrações acima do desejado. Estes micronutrientes são de grande importância para o solo, já que são indispensáveis para o desenvolvimento do cultivo, porém em concentrações elevadas podem ser prejudiciais e se tornarem tóxicos. Ambrosini et al.,(2016) destacaram que o excesso de micronutrientes no solo e, conseqüentemente, nos tecidos vegetais pode provocar sintomas de toxidez, o que pode causar inibição da absorção de nutrientes, alteração em processos fisiológicos e bioquímicos, além de danos na estrutura do sistema radicular, o que prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas. A raiz é o primeiro órgão a entrar em contato com os metais, o que pode acarretar a tendência de acumulação destes (ALAOUI-SOSSÉ et al., 2004; MARSCHNER, 2012).

Sediyama et al., (2014), em sua análise de nutrição e produtividade de plantas adubadas com biofertilizante suíno, relataram que o fornecimento de macro e micronutrientes no solo foram capazes de fornecer à planta condições favoráveis para seu pleno desenvolvimento. Silva et al., (2011) acrescentaram que o biofertilizante rico em MO, quando aplicado no solo, faz com que os níveis de metais que poderiam ser tóxicos às plantas sejam reduzidos por meio da complexação e quelação, além de proporcionar melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo causada pelo suprimento dos macros e micronutrientes.

As diferentes doses de aplicação do biofertilizante não foram capazes de melhorar, a níveis satisfatórios, os valores de cálcio trocável ( $Ca^{2+}$ ), saturação por bases (V), soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica potencial ( $CTC_T$ ) do solo. Tal comportamento era esperado, uma vez que o biofertilizante utilizado é pobre nestes nutrientes.

Já os parâmetros magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) apresentaram variação ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. As concentrações de Mg, Na e K, mostraram-se superiores nos tratamentos T2 e T3, o que evidencia uma tendência de aumento destes elementos com o aumento da aplicação do biofertilizante no solo.

O elevado valor de potássio encontrado nas parcelas T2 e T3, como visto na Tabela 4, se justifica pelo fato de ter sido aplicado maiores doses do biofertilizante nestas áreas, o qual possui alto teor deste elemento. A quantidade aplicada de potássio é conveniente por ser um dos nutrientes essenciais para as forrageiras e um dos mais exigidos no desenvolvimento de

vegetais (SILVEIRA et. al., 2015). Ressalta-se ainda que a dose de aplicação recomendada para cultivares como capim elefante é de 200 kg/ha/ciclo de N e de 225 kg/ha/ciclo de K (adaptado de Matos e Matos, 2017).

Observou-se que o teor de potássio no solo reduziu nas parcelas submetidas aos tratamentos T0 e T1, em relação ao valor inicial. Tal comportamento está associado ao fato da baixa incorporação de potássio no solo por estes tratamentos e pela alta demanda de potássio exigida por esta cultura (cerca de 200 kg/ha/ciclo - Matos e Matos, 2017). Sendo assim, nas parcelas que receberam os tratamentos T0 e T1, a cultura retirou mais potássio do solo em relação ao valor que foi aportado pelas doses de biofertilizante. Já nos tratamentos T2 e T3, os resultados encontrados indicam que a dose aplicada pôde resultar em um incremento do nutriente para o solo.

Santos et al., (2012) em seu estudo de extração e eficiência de uso de nutrientes em capim-elefante reportaram que as variedades deste cultivo extraíram mais K do que os outros nutrientes disponíveis no solo, como Ca, Mg, P e S, o que evidencia a elevada demanda por K das gramíneas forrageiras e indica que a nutrição potássica é fundamental para um adequado programa de fertilização do capim-elefante. O alto potencial de ciclagem de nutriente das forrageiras, é extremamente importante para o solo, uma vez que o uso associado do biofertilizante, rico em nutrientes, com a cultura em questão, a qual retira quantidades significativas destes nutrientes, evita a salinização do solo.

O magnésio também apresentou uma tendência de aumento, o que é benéfico para o solo, uma vez que esta base pode ajudar na elevação do pH para sua fase ótima (entre 5,5 e 6,5). O aumento do Mg é benéfico pois este elemento é exigido em grandes quantidades pelas plantas para a obtenção da máxima produtividade. Culturas como milho, cana de açúcar e soja necessitam de grandes quantidades desse macronutriente que está intimamente ligado ao cálcio pela realização de calagem no controle da acidez do solo (EMBRACAL, 2015).

A tendência de aumento do sódio, no entanto, é um fator negativo, pois quando presentes em concentrações elevadas podem proporcionar a expansão da dupla camada difusa e, conseqüentemente, causar a dispersão da argila do solo. A estabilidade da dupla camada difusa está intimamente ligada ao equilíbrio entre as forças eletrostáticas e de Van der Waals, e é a resultante dessas duas forças que definirá se os colóides do solo permanecerão agregados ou ficarão dispersos no meio. Matos (2010) acrescenta que elevadas concentrações de sódio promovem dispersão dos colóides do solo e esse material disperso, sob a ação mecânica da chuva, pode se movimentar para o interior dos poros, o que pode bloquear a passagem de

água e ar, e causar estresse hídrico na planta. Salienta-se também que a limitação da troca de gases entre o solo e o ar pode restringir a zona radicular e alterar adversamente a cultura.

Homem et al., (2012), em seu estudo da análise do risco de dispersão da argila provocada pela fertirrigação com altas doses de águas residuárias provenientes de criatórios de animais, concluíram que estes efluentes apresentaram elevadas concentrações de sódio e isto acarretou no acúmulo deste elemento na solução do solo e, por consequência, na desagregação e dispersão de argila. Acrescentaram, ainda, que a magnitude dos impactos sobre as propriedades do solo é dependente das quantidades e da frequência das aplicações, bem como das precipitações, sem que haja nenhuma restrição a aplicação de efluentes de criatório de animais, desde que feita com o devido acompanhamento agrônômico e a sua devida precaução.

A ação da chuva pode ser benéfica ou não para o risco de dispersão da argila, as precipitações podem promover a lixiviação do cátion, o que evita sua acumulação na solução do solo e impede que posteriormente possam causar a dispersão ou, pode ainda, por decorrência deste fenômeno, tornar passível o transporte de partículas para horizontes subsuperficiais do solo, o que diminui a macroporosidade do meio e, por consequência, sua permeabilidade. As partículas finas de um solo assim dispersado obstruem o seu espaço poroso, reduzindo acentuadamente a infiltração da água. Além da diminuição consequente da quantidade de água disponível para as culturas, formam-se crostas superficiais que podem levar a problemas de germinação (NETO et al., 2009).

O excesso de sódio trocável dificulta a absorção de água do solo pelas plantas, induz à toxicidade de íons, causa desequilíbrio nutricional e impede a infiltração de água no solo, que provoca a redução do crescimento e diminuição do rendimento de culturas. Desta forma, são necessários cuidados com o manejo deste biofertilizante a fim de não tornar o solo sódico, e, para isso recomenda-se o emprego algumas técnicas, como a lavagem dos sais acumulados, o uso de condicionadores orgânicos e químicos como a matéria orgânica vegetal e o gesso agrícola.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios dos macros e micronutrientes determinados nas parcelas experimentais antes e após a aplicação dos tratamentos na camada de 40 a 60 cm, bem como os valores de interpretação de fertilidade do solo para o Estado de Minas Gerais.



**Tabela 5**–Valores médios dos teores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , CTCt, CTCT, SB, m, V, determinados nas parcelas experimentais antes e após a aplicação dos tratamentos na camada de 40 a 60 cm.

Parâmetros	Início	Tratamento 0	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Nível satisfatório de fertilidade*
$\text{Ca}^{2+}$ (cmolc.dm-3)	2,20	1,47 (± 0,05)	1,62 (± 0,26)	1,69 (± 0,71)	1,90 (± 0,67)	> 2,40
pH	4,90	5,30 (± 0,12)	5,25 (± 0,13)	5,30 (± 0,44)	5,35 (± 0,31)	5,5-6,5
$\text{Mg}^{2+}$ (cmolc.dm-3)	0,80	0,50 <b>B</b> (± 0,16)	0,62 <b>BA</b> (± 0,13)	0,80 <b>A</b> (± 0,16)	0,72 <b>A</b> (± 0,13)	>0,90
Al (cmolc.dm-3)	0,30	0,00 (± 0,00)	0,05 (± 0,06)	0,17 (± 0,24)	0,10 (± 0,14)	<0,5
Na (cmolc.dm-3)	9,20	3,45 (± 1,33)	4,60 (± 1,88)	6,90 (± 0,00)	5,75 (± 1,33)	
P (mg.dm-3)	9,88	13,46 (± 5,75)	4,74 (± 1,55)	6,79 (± 2,56)	5,56 (± 1,27)	>12
K (mg.dm-3)	78,00	38,03 (± 29,94)	35,10 (± 19,63)	56,55 (± 12,13)	68,25 (± 30,19)	>70
N (dag.kg-1)	1,40	0,97 (± 0,10)	0,97 (± 0,13)	1,07 (± 0,38)	0,95 (± 0,26)	-
C (cmolc.dm-3)	9,20	6,17 (± 0,95)	5,80 (± 0,50)	6,47 (± 2,83)	6,27 (± 1,86)	-
Acidez Total (cmol-dm3)	5,45	3,18 (± 0,28)	3,35 (± 0,16)	4,29 (± 2,15)	3,55 (± 1,36)	<2,5
<sup>1</sup> CTC <sub>T</sub> (cmolcdm-3)	8,69	5,27 (± 0,47)	5,70 (± 0,21)	7,22 (± 2,65)	6,37 (± 2,04)	>8,6
<sup>2</sup> V (%)	37,31	39,63 (± 1,72)	41,27 (± 4,60)	42,77 (± 10,81)	45,08 (± 5,31)	>60
<sup>3</sup> SB (cmolcdm-3)	3,24	2,08 (± 0,22)	2,36 (± 0,35)	2,92 (± 0,85)	2,82 (± 0,73)	>3,61
Cu (mgdm- <sup>3</sup> )	3,01	2,39 (± 0,36)	1,99 (± 0,20)	2,02 (± 1,03)	1,94 (± 0,87)	>0,80
Fe (mgdm- <sup>3</sup> )	60,90	19,82 (± 2,57)	20,45 (± 3,60)	37,60 (± 21,96)	29,57 (± 14,39)	>19,00
Mn (mgdm- <sup>3</sup> )	147,00	43,10 (± 20,77)	38,90 (± 19,53)	65,42 (± 49,95)	50,55 (± 34,95)	>6,00
Zn (mgdm- <sup>3</sup> )	4,22	1,41 (± 0,41)	1,09 (± 0,31)	2,66 (± 2,79)	3,80 (± 3,64)	>1,00

1. Capacidade de troca catiônica potencial; 2. Saturação por bases; 3. Soma de Bases.

\* Interpretação de fertilidade do solo para o Estado de Minas Gerais - Adaptada de Ribeiro et al. (1999)

– As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os macros e micronutrientes como cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), fósforo (P), nitrogênio (N), manganês disponível (Mn), zinco disponível (Zn), cobre disponível (Cu), ferro disponível (Fe), acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), potássio (K), sódio (Na), capacidade de troca catiônica potencial (CTC<sub>T</sub>), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e pH não apresentaram variação estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Observa-se que o pH obteve um incremento de seus valores, o que se justifica pelo fato da água residuária utilizada ser rica em bases como sódio, magnésio e potássio. Tal acréscimo é de grande importância para o solo, uma vez que pode proporcionar um aumento

na fertilidade, além de apresentar incremento de sua produtividade, o que corrobora com a não acidificação do solo, a qual causa grandes danos ao cultivo.

Outro fator conveniente para o conjunto solo-planta foi a gradativa diminuição do alumínio, já que este íon colabora para a acidificação do solo, o que causa baixa produtividade das culturas e constitui um fator limitante de seu crescimento. O excesso de alumínio disponível no solo pode ser tóxico e causar a redução no crescimento radicular das plantas, o que a impede de obter nutrientes e água e provoca deficiência em seu desenvolvimento (MIGUEL, et al., 2010).

Para os elementos cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), fósforo (P), nitrogênio (N), acidez total, potássio (K), capacidade de troca catiônica potencial ( $\text{CTC}_T$ ), soma de bases (SB), manganês disponível (Mn), zinco disponível (Zn), cobre disponível (Cu) e ferro disponível (Fe) a aplicação do biofertilizante não apresentou uma tendência de aumento nas camadas de 40 – 60 cm, o que pode ser considerado favorável, já que micronutrientes como manganês, zinco, cobre e ferro, quando disponíveis em excesso no solo, podem se tornar tóxicos. Alexandre et al., (2012) acrescentaram que concentrações tóxicas desses elementos prejudicam as plantas, impedem o crescimento vegetal e podem, ainda, causar contaminação e degradação das áreas. Entretanto, em níveis adequados, esses micronutrientes são essenciais para o desenvolvimento e crescimento do cultivo.

O magnésio (Mg) apresentou variação ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Os resultados indicam que os Tratamentos T2 e T3 incorporaram mais Mg em relação ao T0. Dias et al., (2015) ao analisarem o comportamento do efluente bovino em atributos químicos do solo, concluíram que os teores de magnésio aumentaram significativamente com a aplicação do efluente bovino ao comparar o solo sem esta aplicação.

Exposto na Tabela 6 está a análise estatística do comparativo entre as duas camadas trabalhadas no experimento. Os parâmetros cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), fósforo (P), nitrogênio (N), acidez total, potássio (K), pH, acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), sódio (Na), capacidade de troca catiônica potencial ( $\text{CTC}_T$ ), saturação por bases (V), manganês disponível (Mn), zinco disponível (Zn), cobre disponível (Cu) e ferro disponível (Fe), apresentaram variação estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

**Tabela 6** – Análise estatística das camadas 0-20cm e 40-60 cm, estabelecidas no experimento.

Parâmetros						
Ca		Mg			Na	
Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada
0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	40-60
1,24 <b>B</b>	1,74 <b>A</b>	0,55 <b>B</b>	0,66 <b>A</b>	9,05 <b>A</b>	5,17 <b>B</b>	5,17 <b>B</b>
(±0,10)	(±0,05)	(±0,09)	(±0,06)	(±0,50)	(±0,60)	(±0,60)
Parâmetros						
pH		Al			C	
Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada
0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	40-60
4,70 <b>B</b>	5,30 <b>A</b>	0,40 <b>A</b>	0,08 <b>B</b>	11,00 <b>A</b>	6,18 <b>B</b>	6,18 <b>B</b>
(±0,05)	(±0,06)	(±0,04)	(±0,05)	(±0,38)	(±0,05)	(±0,05)
Parâmetros						
N		P			K	
Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada
0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	40-60
1,54 <b>A</b>	0,99 <b>B</b>	49,97 <b>A</b>	7,64 <b>B</b>	171,35 <b>A</b>	49,48 <b>B</b>	49,48 <b>B</b>
(±0,05)	(±0,04)	(±2,81)	(±0,05)	(±5,24)	(±5,35)	(±5,35)
Parâmetros						
Acidez Total		<sup>1</sup> CTC			<sup>2</sup> V	
Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada
0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	40-60
7,00 <b>A</b>	3,59 <b>B</b>	9,28 <b>A</b>	6,14 <b>B</b>	24,48 <b>B</b>	42,19 <b>A</b>	42,19 <b>A</b>
(±0,77)	(±0,50)	(±0,32)	(±0,40)	(±1,25)	(±0,10)	(±0,10)
Parâmetros						
<sup>3</sup> SB		Cu			Zn	
Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada	Camada
0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	40-60
2,27	2,55	3,14 <b>A</b>	2,08 <b>B</b>	7,14 <b>A</b>	2,24 <b>B</b>	2,24 <b>B</b>
(±0,11)	(±0,15)	(±0,10)	(±0,11)	(±0,05)	(±0,42)	(±0,42)
Parâmetros						
Fe		Mn				
Camada	Camada	Camada	Camada			
0-20	40-60	0-20	40-60			
42,14 <b>A</b>	26,86 <b>B</b>	120,34 <b>A</b>	49,49 <b>B</b>			
(±2,27)	(±2,36)	(±6,28)	(±0,10)			

1. Capacidade de troca catiônica potencial; 2. Saturação por bases; 3. Soma de Bases  
 – As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Nota-se que os nutrientes como fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), carbono (C), sódio (Na), além da acidez trocável ( $Al3^+$ ), acidez total, capacidade de troca catiônica potencial ( $CTC_T$ ), e os micronutrientes manganês disponível (Mn), zinco disponível (Zn), cobre disponível (Cu) e ferro disponível (Fe), apresentaram uma tendência de retenção na camada superior do solo (0 – 20 cm), o que é de suma importância, já que esta é a camada em que se encontra o sistema radicular das plantas, área em que o cultivo absorve nutrientes e água para seu desenvolvimento e nutrição, o que contribui para o seu pleno desenvolvimento, já que estes ficam disponíveis para seu uso e diminuem as possibilidades de lixiviação e a consequente contaminação de águas subterrâneas.

Outro fator que contribuiu para uma melhora da qualidade do solo foi a presença, em menores quantidades, dos micronutrientes e da acidez nas camadas mais profundas, os quais, em excesso podem ser prejudiciais para o cultivo, já que o aumento de íons de Al pode reduzir o crescimento radicular e causar danos no seu desenvolvimento. A matéria orgânica e a CTC favorecem a maior retenção deste material nas camadas mais superficiais.

Já os nutrientes magnésio (Mg), cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), o pH, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) apresentaram maiores concentrações na camada mais profunda (40 – 60 cm). Ros et al., (2017) salientaram que o magnésio é um nutriente mais móvel no perfil do solo em função da baixa energia de adsorção aos colóides da fração mineral e orgânica do solo, o que possibilita, com maior facilidade, o alcance de grandes profundidades, o que pode proporcionar o aumento radicular e a diminuição do estresse hídrico.

A maior concentração do magnésio e do cálcio na camada de 40 – 60 cm se deu em virtude do deslocamento sofrido por estes compostos devido ao excesso de potássio presente no biofertilizante. Embora segundo a série liotrópica, que estabelece a relação preferencial de ligação dos cátions às cargas negativas, apresente que Ca e o Mg tem preferência de ligação, quando em excesso outros compostos podem se sobressair, como é o caso do K. Autores como Flora et al, (2007); Camargos (2005), entre outros, mostraram em seus estudos que a presença do potássio em excesso pode prejudicar a absorção de Mg e Ca. O mesmo resultado foi encontrado por Matos et al., (2013) em seu estudo de deslocamento miscível de cátion provenientes da vinhaça em colunas de solo, onde com a aplicação da vinhaça, o potássio em excesso passou a deslocar outros cátions como o Mg e o Ca, possibilitando-lhe mais rápida lixiviação.

Já os metais como manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e o cobre (Cu), apresentaram um comportamento de retenção na parte superior, o que se justifica pela presença, em maior quantidade, de carbono na camada de 0 – 20 cm. Conforme exposto por Campos (2010), a matéria orgânica disponível no meio é um dos atributos que podem interferir na mobilidade de metais no solo, a qual apresenta grande afinidade por metais e este comportamento é capaz de gerar sítios de adsorção, que atuam via ligação iônica e/ou como agente quelante na solução do solo. A presença da matéria orgânica no solo pode complexar metais presentes na solução do solo e, desta forma, diminuir a toxicidade destes.

#### **4. CONCLUSÃO**

Após analisar os resultados obtidos, pode-se concluir que o biofertilizante proveniente da biodigestão anaeróbia da água residuária da bovinocultura leiteira quando aplicado ao solo propicia um incremento, na camada radicular da planta, de nutrientes como potássio, nitrogênio, fósforo e magnésio, que são essenciais ao desenvolvimento do cultivo, além de não apresentar tendência de lixiviação dos metais.

O mesmo resultado foi constatado após análise estatística das camadas trabalhadas. Os parâmetros como como fósforo, nitrogênio, potássio, carbono e micronutrientes, após a aplicação do biofertilizante, não lixiviaram a camadas mais profundas, os deixando disponíveis na camada de 0-20 cm. Isso evitou uma possível degradação do solo e contaminação da água subterrânea.

Portanto conclui-se que o biofertilizante trabalhado foi capaz de incorporar ao solo nutrientes necessários para o desenvolvimento do cultivo, além de juntamente com este, impossibilitar a lixiviação de compostos prejudiciais ao meio ambiente. Logo, para obter o sucesso com o uso da fertirrigação através da aplicação do biofertilizante proveniente de água residuária é recomendado cuidados como a análise constante do solo utilizado, observando suas propriedades físicas e químicas que possam causar danos tanto ao cultivo como ao meio ambiente.

## 5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J. R. OLIVEIRA, M. LF. SANTOS, T. C. dos. CANTON, G. C. CONCEIÇÃO, J. M. da. EUTRÓPIO, F. J. CRUZ, Z. MA. DOBBSS, L. B. RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. *Natureza online*. ISSN 1806-7409. 2012. Disponível em <[http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/05\\_AlexandreJRetal\\_023028.pdf](http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/05_AlexandreJRetal_023028.pdf)> Acesso em: 13/11/2019.

AMBROSINI, V. G. SORIANI, H. H. ROSA, D. J. TIECHER, T. L. GIROTTO, E. SIMÃO, D. G. MELO, G. W.de. ZALAMENA, J. BRUNETTO, G. Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. *Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras*. Bento Gonçalves, RS: Embrapa uva e Vinho, p. 91-110, 2016. (Embrapa uva e Vinho. Documentos, 100). Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1065884>> Acesso em: 10/11/2019.

AMORIM, J. R. A. de. CRUZ, M. A. S. RESENDE, R. S. BASSOLI, L. H. FILHO, J. G. S. Espacialização da porcentagem de sódio trocável do solo no perímetro irrigado Califórnia, em Caniné de São Francisco, Sergipe. Aracaju, SE. 2010. EMBRAPA, ISSN 1678-1953, dezembro, 2010. Disponível em <[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/bp\\_61.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/bp_61.pdf)> Acesso em: 10/10/2019.

ALAOUI-SOSSÉ, B.; GENET, P.; VINIT-DUNAND, F.; TOUSSAINT, M. L.; EPRON, D.; BADOT, P. M. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, v. 166, n. 5, p. 1213-1218, May 2004.

ARAÚJO, M. M. de. SOUZA, G. M. de. RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. *Revista de Agroecologia no Semiárido- (Sousa - PB)* v. 1, n.2, p.01 - 11, junho, dezembro. 2017

APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22<sup>o</sup> Edition, In: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Scientific Research and Academic Publisher, 2012.

BATISTA, R. O. BATISTA, R. O. FIA, R. DOMINGUES, R. R. Manejo de Águas Residuárias da Bovinocultura de Leite para uso em Cultivo de Plantas. *Boletim Técnico*. Universidade Federal de Lavras. 100. ed. Lavras: Editora UFLA, 2014. 29 f. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3SGqmb0GpgAJ:www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/10-boletins%3Fdownload%3D993:boletins+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 14/02/2019.

CAMPOS, M. C. C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. 2010. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.6 n.3 p.547 - 565 setembro 2010 ISSN 1808 - 0251. Disponível em <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/591/1154>> Acesso em: 15/10/2019.

CLIMATE. Clima Coronel Pacheco. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/coronel-pacheco-24935/>> Acesso em 03/07/ 2019.

DIAS, T. J. FREIRE, J. L. CAVALCANTE, L. F. NASCIMENTO, E. S. do. DANTAS, L. A. DANTAS, M. M. M. de. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. Divulgação científica e tecnológica do IFPB. João Pessoa, dezembro, 2015. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/285639200\\_Atributos\\_quimicos\\_do\\_solo\\_irrigado\\_com\\_aguas\\_salinas\\_e\\_uso\\_de\\_mitigadores\\_do\\_estresse\\_salino\\_no\\_maracujazeiro\\_amarelo](https://www.researchgate.net/publication/285639200_Atributos_quimicos_do_solo_irrigado_com_aguas_salinas_e_uso_de_mitigadores_do_estresse_salino_no_maracujazeiro_amarelo)> Acesso em: 10/10/2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção de biogás a partir de dejetos da pecuária leiteira. EMBRAPA Gado de Leite, 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1038285/1/Cnpgl2015PanLeiteProducao.pdf>>. Acesso em: 06/01/2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Embrapa Solos – Livro técnico. 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>>. Acesso em: 09/07/2019.

EMBRACAL. Importância e necessidade do magnésio. Informativo técnico. 2015. Disponível em <<http://embracal.com.br/artigos/>> Acesso em: 10/10/2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

HOMEM, B. G. C. NETO, O. B. A. de. SANTIAGO, A. M. F. SOUZA, G. H. de. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatório de animais. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.2, n.1., p.89-98, julho, 2012. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/334635827\\_Dispersao\\_da\\_argila\\_provocada\\_pela\\_fertirrigacao\\_com\\_aguas\\_residuarias\\_de\\_criatorios\\_de\\_animais](https://www.researchgate.net/publication/334635827_Dispersao_da_argila_provocada_pela_fertirrigacao_com_aguas_residuarias_de_criatorios_de_animais)> Acesso em: 5/10/2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa De Pecuária Municipal (PPM). Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>> Acesso em: 05/01/2019.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Coronel Pacheco, MG. 2019

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917\\_relatorio\\_residuos\\_organicos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf)>. Acesso em: 12/02/2019.

MACIEL, A. M. SILVA, J. B. G. NASCIMENTO, A. M. de. PAULA, V. R. de. OTENIO, M. H. Aplicação De Biofertilizante De Bovinocultura Leiteira Em Um Planossolo. Revista em

Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), v. 12, n. 1, p. 151-171, jan./mar. 2019 - e-ISSN 2176-9168. Disponível em <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5683>> Acesso em: 5/06/2019.

MATOS, C. F.; PINHEIRO, E. F. M. ; PAES, J. L.;LIMA, E.; MARQUES, A. S. ; CAMPOS, D. V. B. Efeito da aplicação de biofertilizante de dejetos de bovino no solo e cultura do sorgo. In:CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 10, 2015, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.

MATOS, A. T. de. Poluição Ambiental: Imapctos no meio fisico. 2010. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa - MG. P. 258-260.

MATOS, A, T. de. GARIGLIO, H. A. A. de. MONACO, P. A. V. Desclocamento miscível de cátions provenientes da vinhaça em colunas de solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V. 17, n.7, p. 743-749, 2013. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n07/v17n07a08.pdf>> Acesso em: 10/10/2019.

MARSCHNER, P. 3th ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MIGUEL, P. S. B. GOMES, F. T. ROCHA, W. S. D. da. CARVALHO, C. A. de. OLIVEIRA, A. V. de. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas e controles genéticos. CES Revista, ISSN 1983-1625. V.24, n.1 2010. Disponível em <<https://seer.cesjf.br/index.php/cesRevista/article/view/661>> Acesso em: 10/11/2019.

NASCIMENTO, A. M. de. Efeito Da Aplicação De Biofertilizante Proveniente Da Bovinocultura Leiteira Na Cultura Do Milho (Zeamays). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2016.

NETO, O. B. de. MATOS, A. T. de. ABRAHÃO, W. A. P. COSTA, L. M. da. DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de latossolos. Revista Brasileira de Ciência e do solo. 33:1571-1581, 2009. Disponível em<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-832009000600006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-832009000600006&script=sci_abstract&tlng=pt)> Acesso em: 16/11/2019.

PEREIRA, A.C.; LEDO, F.J.S.; MORENZ, M.J.F.; LEITE, J.L.B.; SANTOS, A.M.B.; MARTINS, C.E.; MACHADO, J.C. BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Comunicado Técnico n. 79, Embrapa CNPGL, outubro, 2016.

PIZARRO CABELLO, F. Drenage agricola y recuperación de suelos salinos. 2. ed. Madrid: Editorial Agrícola Espanhola S. A., 1985. 542 p.

PIZARRO CABELLO, F. Drenage agricola y recuperación de suelos salinos. 2. ed. Madrid: Editorial Agrícola Espanhola S. A., 1985. 542 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.



RICARDO, T. N. A. Plano De Manejo de Resíduos de Bovinocultura Leiteira de Uma Propriedade Rural no Município de Santa Bárbara do Monte Verde, MG. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora. 2016.

RAIJ, B. van. Acidez e calagem. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas. Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 37-68.

ROS, C. O. da. SILVA, V. R. da. SILVESTREIN, T. B. SILVA, R. F. da. PESSOTTO, P. P. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após plicações sucessivas de água residuária de suinocultura. Revista Brasileira de Tecnologia e Agropecuária. v. 1. n. 1. p. 35-44. julho 2017. Disponível em <<http://revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta/article/view/2188>> Acesso em: 12/10/2019.

SANTOS, R. L. dos. AZEVEDO, V. M. de. FREIRE, F. J. ROCHA, A. T. TAVARES, J. A. FREIRE, M. B. G. SANTOS. dos. Extração e eficiência de uso de nutrientes em capim-elefante na presença e gesso. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2012. vol.36, n.2, pp.497-505. ISSN 1806-9657. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832012000200019&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832012000200019&script=sci_abstract&tlng=pt)> Acesso em: 5/10/2019.

SEDIYAMA, M. A. N. SANTOS, M. R. dos. VIDIGAL, S. M. PINTO, C. L. de. JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizantes de suíno. ISSN 1807-1929. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.18, n.16, p.588-594,2014. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n6/v18n6a04.pdf>> Acesso em: 5/10/2019.

SILVA, J. A. da. OLIVEIRA, A. P. de. ALVES, G. S. da. CAVALCANTE, L. F. OLIVEIRA, A. N. P. ARAÚJO, M. A. Rendimento de inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.3, p.253-257, 2012 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662012000300003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000300003)> Acesso em: 5/10/2019.

SILVEIRA, M. A. G. VITUSSO, L. MEDINA, N. H. Distribuição de Potássio em Cana de açúcar. Brazilian Journal of Radiation Sciences. International Joint Conference. Gramado, RS, Brazil, SOCIEDADE BRASILEIRA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA – SBPR. 2015. Disponível em <<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/138>> Acesso em: 08/09/2019.

SOUSA, G.G. et al. Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17, n. 10, p 1055-1060, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013001000005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013001000005&script=sci_arttext). Acessado em 16/06/2019.

SOUZA, J. A. R; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. Avaliação de Frutos de Tomate de Mesa Produzidos com Efluente do Tratamento Primário da Água Residuária da Suinocultura. REVENG, Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 198-207, 2010.

ZOCCAL, R. Indicadores da produção mundial de leite. Anuário Leite 2018: indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro>> Acesso em: 30/09/2019.