

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE

IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE  
DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO  
ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO

Autora: Clarissa Vitória Borges dos Santos  
Orientador: Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh

RIO VERDE - GO  
Agosto - 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE

IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE  
DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO  
ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO

Autora: Clarissa Vitória Borges dos Santos  
Orientador: Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE, do Programa de Pós-Graduação – *Stricto Sensu* em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração (Engenharia Aplicada e Sustentabilidade).

RIO VERDE - GO  
Agosto - 2019

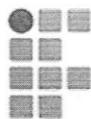
## FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S237i Santos, Clarissa Vitória Borges dos  
Impactos causados no solo pela aplicação de  
dejetos de suínos e proposição de manejo adequado em  
uma granja de terminação / Clarissa Vitória Borges dos  
Santos; orientador Dr. Bruno Botelho Saleh ; co-  
orientadora Dra. Polyana Fernandes Pereira. -- Rio  
Verde, 2019.  
79 p.

Dissertação ( em Programa de Pós Graduação em  
Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Adubação. 2. Fertirrigação. 3. Manejo. 4.  
Nutrientes. 5. Suinocultura . I. Saleh , Dr. Bruno  
Botelho, orient. II. Pereira, Dra. Polyana Fernandes  
, co-orient. III. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: **CLARISSA VITÓRIA BORGES DOS SANTOS**

Matrícula: **2017202331440013**

Título do Trabalho: **IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO**

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: **PUBLICAÇÃO**

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **10/06/2022**

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde,  
Local

22/10/2019.  
Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA E  
SUSTENTABILIDADE**

**IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE  
DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO  
ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO**

Autora: Clarissa Vitória Borges dos Santos  
Orientador: Bruno Botelho Saleh

*TITULAÇÃO:* Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade – Área de concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

APROVADA em 30 de agosto de 2019.

  
Prof. Dr. Lucas Peres Angelini  
*Avaliador interno*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof. Dr. Rafael Marques Pereira  
Leal  
*Avaliador externo*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh  
*Presidente da Banca*  
IF Goiano / Rio Verde

## DEDICATÓRIA

*Ao meu pai Rubens e irmão Heverton (in memoriam)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve comigo nessa caminhada, guiando e fortalecendo nos momentos de dúvidas e angústias.

À minha mãe, Maria Vitória, minha força motriz. Agradeço por todo esforço dedicado para minha criação, pela paciência e compreensão em meus momentos de dificuldades.

Aos meus familiares que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu professor orientador, Bruno Botelho Saleh, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos, que me fortaleceram nessa caminhada com palavras de apoio e com momentos de descontração. Sempre agradeço a Deus pela oportunidade de permitir conhecer pessoas que me ensinam a ser uma pessoa melhor. Aos meus companheiros de coletas, amigos do trabalho, faculdade e mestrado meus agradecimentos.

Agradecimento especial aos professores e coordenadores do PPGEAS. Obrigada pela oportunidade oferecida e por todos os ensinamentos.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Clarissa Vitória Borges dos Santos, nascida em 10 de junho de 1988 na cidade de Alto Araguaia, Mato Grosso. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia em 2015. Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Uninter em 2017. Ingressou no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade (PPGEAS) em 2017/2, realizando a defesa de sua dissertação em agosto de 2019.

## ÍNDICE

	Página
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE APÊNDICE</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Justificativa .....	17
1.2 Aspectos gerais da suinocultura no Brasil e no estado de Goiás .....	19
1.3 O Manejo de Dejetos Líquidos de Suínos e os Impactos no Meio Ambiente. ....	22
1.4 Aparato Legislativo Ambiental .....	24
1.5 Referências .....	25
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>29</b>
2.1 Objetivo Geral .....	29
2.2 Objetivos Específicos .....	29
<b>3. CAPÍTULO I</b> .....	<b>30</b>
3.1 Introdução.....	32
3.2 Materiais e Métodos .....	33
3.2.1 Caracterização do Local em estudo .....	33
3.2.2 Tamanho amostral .....	38
3.2.3 Caracterização e amostragem .....	40
3.2.3.1 Solo.....	40
3.2.3.2 Dejeito Líquido Suíno .....	41

3.2.4 Tratamento estatístico.....	43
3.2.5 Adaptação da fórmula CETESB.....	43
3.2.6 Dosagem para Nitrogênio.....	46
3.3 Resultados e Discussões .....	47
3.3.1 CTC do solo.....	47
3.3.1.2 pH do solo.....	48
3.3.1.3 Potássio (K) no solo.....	49
3.3.1.4 Magnésio (Mg) no solo .....	50
3.3.1.4.1 Relação Magnésio/Potássio (Mg/K).....	51
3.3.1.5 Cobre (Cu) e Zinco (Zn) no solo .....	52
3.3.2.1 Nitrogênio (N) 1ª e 2ª etapa no DLS .....	55
3.3.2.2 Potássio (K) 1ª etapa e 2ª etapa DLS.....	56
3.3.2.3 Cobre (Cu) 1ª etapa e 2ª etapa do DLS.....	56
3.3.2.4 Zinco (Zn) 1ª etapa e 2ª etapa do DLS .....	57
3.3.2.5 pH 1ª etapa e 2ª etapa DLS.....	58
3.3.3 Dosagens de Nitrogênio (N) e Potássio (K) .....	59
3.4 Conclusão .....	62
3.5 Referências .....	63

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO</b>	
<b>Tabela 1-</b> Teores assimilados e excretados dos nutrientes pelos suínos.....	17
<b>Tabela 2-</b> Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas. ....	18
<b>Tabela 3-</b> Efetivo de rebanhos (cabeças) suínos no Brasil. ....	20
<b>Tabela 4-</b> Matrizes de suínos por unidade de federação. ....	21
<b>Tabela 5-</b> Efetivo de rebanho (cabeças) suíno. ....	21
<b>Tabela 6-</b> Efetivo de matrizes nos municípios. ....	22
 <b>CAPITULO I: IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO</b>	
<b>Tabela 1-</b> Dimensão dos piquetes. ....	38
<b>Tabela 2-</b> Plano amostral de solo .....	39
<b>Tabela 4-</b> Plano amostral dejetos suínos.....	39
<b>Tabela 3-</b> Caracterização físico-química testemunha solos 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa.....	41
<b>Tabela 5-</b> Valores orientados para solo e para águas subterrâneas.....	43
<b>Tabela 6-</b> Valores orientados para solo e água subterrânea no estado de São Paulo 2014. .....	43
<b>Tabela 7-</b> Densidade do Neossolo Quartzarênico Ótico Típico em pastagem.....	45
<b>Tabela 8-</b> ANOVA e Teste Tukey: CTC do solo (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa. ....	47
<b>Tabela 9-</b> ANOVA e Teste Tukey: pH do solo 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa. ....	48
<b>Tabela 10-</b> ANOVA e Teste Tukey: Potássio do solo (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa.....	50
<b>Tabela 11-</b> ANOVA e Teste Tukey: Magnésio do solo (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa. ....	51
<b>Tabela 12-</b> ANOVA e Teste Tukey: Cobre do solo (mg.dm <sup>-3</sup> ) 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa. ....	53
<b>Tabela 13-</b> ANOVA e Teste Tukey: Zinco do solo (mg.dm <sup>-3</sup> ) 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> etapa.....	54

<b>Tabela 14-</b> ANOVA e Teste Tukey: Nitrogênio ( $\text{g.L}^{-1}$ ) 1ª e 2ª etapa DLS.....	55
<b>Tabela 15-</b> ANOVA e Teste Tukey: Potássio ( $\text{g.L}^{-1}$ ) 1ª e 2ª etapa DLS.....	56
<b>Tabela 16-</b> ANOVA e Teste Tukey: Cobre ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) 1ª e 2ª etapa DLS.....	57
<b>Tabela 17-</b> ANOVA e Teste Tukey: Zinco ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) 1ª e 2ª etapa DLS. ....	58
<b>Tabela 18-</b> ANOVA e Teste Tukey: pH 1ª e 2ª etapa DLS. ....	58
<b>Tabela 19-</b> Lâminas de DLS ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) e suas respectivas áreas.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO</b>	
<b>Figura 1-</b> Evolução da produção de carne suína brasileira. ....	19
<b>Figura 2-</b> Produção mundial de suínos. ....	20
 <b>CAPITULO I: IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS E PROPOSIÇÃO DE MANEJO ADEQUADO EM UMA GRANJA DE TERMINAÇÃO</b>	
<b>Figura 1-</b> Fluxograma das etapas da pesquisa. ....	33
<b>Figura 2-</b> Mapa de localização bacia hidrográfica. ....	34
<b>Figura 3-</b> Mapa de localização dos piquetes e núcleos granjeiros. ....	35
<b>Figura 4-</b> Esquema do Fluxo de DLS granja Ivan Klein. ....	35
<b>Figura 5-</b> Esquema do fluxo do DLS granja Ricardo Klein. ....	36
<b>Figura 6-</b> Esquema fluxo DLS granja Agropecuária. ....	36
<b>Figura 7-</b> Aplicação dos DLS por aspersão através do autopropelido. ....	37
<b>Figura 8-</b> Coleta de amostras de solo. ....	40
<b>Figura 9-</b> Coleta de amostras de dejetos. ....	42
<b>Figura 10-</b> Relação Magnésio/Potássio. ....	52
<b>Figura 11-</b> Quantidade de Nitrogênio ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ). ....	59
<b>Figura 12-</b> Cálculo de aplicação de K de DLS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ). ....	60

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado	Unidade de medida
pH	Potencial hidrogeniônico	-
P	Fósforo	mg.dm <sup>-3</sup>
Al	Alumínio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
K	Potássio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
Ca	Cálcio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
Mg	Magnésio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
S	Enxofre	mg.dm <sup>-3</sup>
H + Al	Acidez potencial	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
M.O.	Matéria orgânica	g.kg <sup>-1</sup>
(S)	Soma de bases	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
C.T.C.	Capacidade de Troca Catiônica	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
(V)	Saturação por bases	%
(m)	Saturação por alumínio	%
B	Boro	mg.dm <sup>-3</sup>
Cu	Cobre	mg.dm <sup>-3</sup>
Fe	Ferro	mg.dm <sup>-3</sup>
Mn	Manganês	mg.dm <sup>-3</sup>
Zn	Zinco	mg.dm <sup>-3</sup>
CV	Coefficiente de Variação	%
ANOVA	Análise de Variância	-
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo	-
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	-
DLS	Dejeto líquido suíno	-
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio	-
ha	Hectares	-
m	metros	-
cm	centímetros	-
kg	Quilograma	-
%	Porcentagem	-
g.kg <sup>-1</sup>	Grama por quilograma	-
mg.dm <sup>-3</sup>	Miligrama por decímetro cúbico	-
cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Centimol de carga por decímetro cúbico	-

## ÍNDICE DE APÊNDICE

	Página
Tabelas de apêndice DLS .....	71
Tabelas de apêndice Solos .....	73

## RESUMO

SANTOS, CLARISSA VITÓRIA BORGES DOS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2019. **Impactos causados no solo pela aplicação de dejetos de suínos e proposição de manejo adequado em uma granja de terminação.** Orientador: Bruno Botelho Saleh. Coorientadora: Polyana Fernandes Pereira.

A suinocultura intensiva, caracterizada pela criação confinada de animais, ocasiona produção de efluentes procedentes da implantação e funcionamento da atividade das granjas. Essa atividade tem sido considerada potencialmente causadora de degradação ambiental e enquadrada como grande potencial poluidor pelos órgãos ambientais, pela grande quantidade de resíduos provenientes da higienização das granjas e dos dejetos produzido pelos suínos. O uso do dejetos líquido suíno em áreas agrícolas apresenta-se como uma tentativa de manejo. No presente trabalho, objetivou-se estudar as modificações causadas no solo pela fertirrigação do dejetos líquido suíno (DLS) em uma granja de suíno em terminação no município de Rio Verde – GO, embasando as interpretações das concentrações dos elementos presentes no solo e DLS na resolução N° 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e também pela CETESB N° 195/2005 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de substâncias químicas, bem como, propor a adaptação da fórmula utilizada pela CETESB para o cálculo da dosagem na aplicação de vinhaça no solo, norma P 4.231/2015, em aplicação de DLS no cultivo de pastagens, levando-se em consideração o elemento referencial, de modo a garantir a correta ciclagem de nutrientes e nutrição das plantas minimizando os possíveis impactos negativos decorrentes desta prática. A partir dos dados levantados, bem como, da adaptação metodológica realizada neste trabalho, constatou-se que a forma atualmente utilizada para o manejo dos DLS não é a mais adequada, ocorrendo de maneira desordenada e com possíveis impactos negativos ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação, fertirrigação, manejo, nutrientes.

## ABSTRACT

SANTOS, CLARISSA VITÓRIA BORGES DOS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, August de 2019. **Impacts caused by swine manure application and proper management proposition in a swine finishing farm.** Adviser: Bruno Botelho Saleh. Co-adviser: Polyana Fernandes Pereira.

Intensive swine farming, characterized by the rearing of confined animals, causes the effluents production from the implementation and operation of the farm activity. This activity has been considered potentially causing environmental degradation and is considered as a great polluting potential by the environmental agencies, due to the large number of residues resulting from the farms cleaning and swine manure produced. The use of swine liquid manure in agricultural areas is presented as an attempt of management. The objective of this work was to study the changes caused by soil fertigation of swine manure (DLS) in a swine farm in Rio Verde - GO, based on the interpretations of the elements' concentration present in the soil and DLS in the resolution. No. 420 of the National Environmental Council (CONAMA) and also by CETESB No. 195/2005, which provides criteria and guiding values for soil and groundwater quality regarding the chemicals presence, and propose the adaptation of used formula by CETESB for the dosage calculation of the vinasse application in soil, norm P 4.231 / 2015, in DLS application in the pasture cultivation considering, the reference element, in order to guarantee the soil correct nutrient cycling and nutrition so minimizing the possible negative impacts from this practice. From the data collected, as well as from the methodological adaptation performed in this work, it was found that the current form used

for the DLS management is not the most appropriate, occurring in a disorderly manner and with possible negative impacts on the environment.

**KEYWORDS:** fertilizing, fertigation, management, nutrients.

## 1. INTRODUÇÃO

O contínuo aumento do consumo de alimentos ocasiona a necessidade de ampliar a produção mundial destes, objetivando-se assim, o suprimento da demanda. O Brasil nesta conjuntura sobressai, uma vez que, denota condições geográficas e climáticas favoráveis, no cenário mundial da produção de alimentos. O país tem-se destacado no setor da suinocultura, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2018) ocupando a quarta posição no cenário mundial de produção e exportação e, o estado de Goiás destaca-se em sétimo lugar no ranking nacional.

Embora centralizada na Região Sul do Brasil, na última década, a migração desta atividade para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do país foi bastante acentuada. Nos últimos anos, o estado de Goiás vivenciou aumento significativo na produção de carne suína, apresentando um rebanho total de 2.053.065 cabeças segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Esta transformação no cenário agropecuário da região Centro-Oeste, foi proveniente do advento de grandes empresas líderes na industrialização de carnes que, visualizando um ciclo de vida mais produtivo, aproximaram o insumo básico da alimentação à fonte consumidora, uma vez que, a região é uma das grandes produtoras de grãos do país.

Em busca de uma alternativa, a produção industrial de suínos fez com que o tamanho da área agrícola por animal instalado fosse reduzido. Desta forma, junto com o desenvolvimento do país, os problemas ambientais têm-se intensificado em virtude da atividade suinícola ser considerada uma atividade potencialmente causadora de poluição pela grande quantidade de animais alojados numa mesma área, conseqüentemente, tem-se elevada quantidade de resíduos. Caracterizada pela criação confinada de animais, a suinocultura intensiva, ocasiona produção de efluentes procedentes da implantação e funcionamento da atividade das granjas nessa região (Lourenzi et al., 2016; Scherer, Nesi & Massotti., 2010; Veloso, Campos & Marin, 2018).

Ainda que a suinocultura objetive potencializar a produção concentrando-se em pequenas áreas, a grande dificuldade refere-se à disposição final apropriada dos resíduos provenientes da higienização das granjas e dos dejetos produzido pelos suínos (Bertoncini, 2011; Cruz, Sousa & Ribeiro, 2006). Assim, para evitar a deterioração ambiental, a suinocultura tem sido crescentemente regulada para atender critérios de tratamento e uso do dejetos líquido suíno (DLS), uma vez que a utilização com orientação técnica se converte em benefícios para as áreas agricultáveis (De Andrade, Filho & Borges, 2017). Através do conceito de logística reversa, a suinocultura, faz o uso de procedimentos para viabilizar a coleta e a reinserção dos DLS gerados, transformando-os em insumos que são aproveitados dentro do próprio ciclo produtivo.

Salienta-se que, o manejo inadequado do dejetos líquido suíno (DLS) e o lançamento indiscriminado deste pode gerar impactos significativos no meio ambiente. O uso excessivo ou prolongado deste, poderá acarretar prejuízos e problemas ambientais como a eutrofização de rios e lagos e acúmulo de metais pesado no solo (Bissani et al., 2009; Qian et al., 2018; Schlegel et al., 2017).

Desta forma, com o intuito de reduzir o impacto do descarte de forma inadequada junto ao meio ambiente, uma das alternativas de reaproveitamento do DLS é seu uso em áreas agrícolas, em função do seu conteúdo de nutrientes (Souza & Duarte, 2014). A utilização do DLS mediante a fertirrigação tem como objetivo fornecer nutrientes, de maneira a otimizar o rendimento, diminuir custos com adubação mineral além de contribuir com a qualidade e produtividade do sistema solo e planta. No entanto, para que haja o aproveitamento desses benefícios se faz necessário cumprimento das legislações específicas e a adoção de práticas conservacionistas de uso e manejo do solo segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016).

Levando-se em conta que a experiência da aplicação de DLS no solo no Município de Rio Verde – GO, como forma reaproveitamento deste para fornecimento de nutrientes como N, P e K é executada de modo desordenado, não considerando a especificidade do solo, necessidade nutricional da cultura e quantidade de nutrientes presentes no DLS, evidencia a pertinência de se aferir e desenvolver diretrizes que propiciem aplicação do mesmo no solo de maneira eficiente e sustentável.

No presente trabalho objetivou-se estudar as modificações causadas no solo pela fertirrigação dos DLS em uma granja de suíno em terminação no município de Rio Verde

– GO, embasando as interpretações das concentrações dos elementos presentes no solo e DLS na resolução N° 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e também pela CETESB N° 195/2005 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de substâncias química, bem como, propor a adaptação da fórmula utilizada pela CETESB para o cálculo da dosagem na aplicação de vinhaça no solo, norma P 4.231/2015, em aplicação de DLS no cultivo de pastagens, de modo a garantir a correta ciclagem de nutrientes e nutrição das plantas minimizando os possíveis impactos negativos decorrentes desta prática.

### 1.1 Justificativa

O ritmo acelerado do crescimento populacional, motiva cobranças sobre os setores agropecuário e industrial para que produzam em maiores quantidades de modo a suprir a crescente demanda (Santos, 2016; Kunz, Higarashi & Oliveira, 2005). O aumento do número de animais alojados em uma mesma localidade produz grande quantidade de dejetos (Dos Santos & Da Silva, 2019). Estima-se que um suíno (na faixa de 16 a 100 kg de peso vivo) produz de 4,9% a 8,5% de seu peso corporal em urina mais fezes diariamente (Jelineck, 1997). O manejo, o tipo de bebedouro e o sistema de higienização adotado (frequência e volume de água utilizada), assim como, fatores zootécnicos relativos ao tamanho, raça, sexo, bem como, fatores ambientais e dietéticos também influenciam o volume de dejetos.

As proporções das concentrações dos elementos presentes nas rações e as taxas assimiladas pelos suínos, foram observadas por Kornegay & Harper (1997) para os suínos submetidos a rações usualmente distribuídas os teores dos nutrientes absorvidos pelos animais e taxa excreta dos nutrientes são expressas na Tabela 1.

**Tabela 1-** Teores assimilados e excretados dos nutrientes pelos suínos.

Teores assimilados dos nutrientes	Teores excretados dos nutrientes
30 a 55 % do N	45 a 60 % do N
30 a 50 % do Ca	50 a 80 % do Ca e P
20 a 50 % do P	
5 a 20 % do K	
10 a 25 % do Na	
15 a 30 % do Mg	70 a 95 % do K, Na, Mg, Mn, Zn, Cu, e Fe
5 a 30 % do Cu	
5 a 30 % do Zn	

---

5 a 10 % do Mn

5 a 30 % do Fe

---

Fonte: Adaptado Kornegay & Harper (1997).

A Tabela 2, apresenta a produção diária de dejetos de acordo com a categoria dos suínos. Essa realidade associada ao elevado custo dos insumos agropecuários, juntamente a necessidade de descarte desse resíduo gerado, levam os produtores a realizar a disposição do dejetos líquido suíno em solos agrícolas (Mondardo et. al 2011).

**Tabela 2-** Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (litros dia)
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

A utilização de DLS como fertilizante, sobretudo com técnicas que incorporem nutrientes ao solo, vem sendo cada vez mais enfatizada por possuir uma gama de nutrientes como N, P e K que possibilitam a adubação de culturas produtoras de grãos, fruticultura, pastagens, reflorestamento e mesmo para recuperação de áreas degradadas (Corrêa et al. 2011). Em contrapartida, os dejetos de suínos contêm algumas características que equivalem tanto como potencial poluidor, em virtude da sua grande variedade química, quanto potencial fertilizante, dependendo da maneira como o mesmo é manejado.

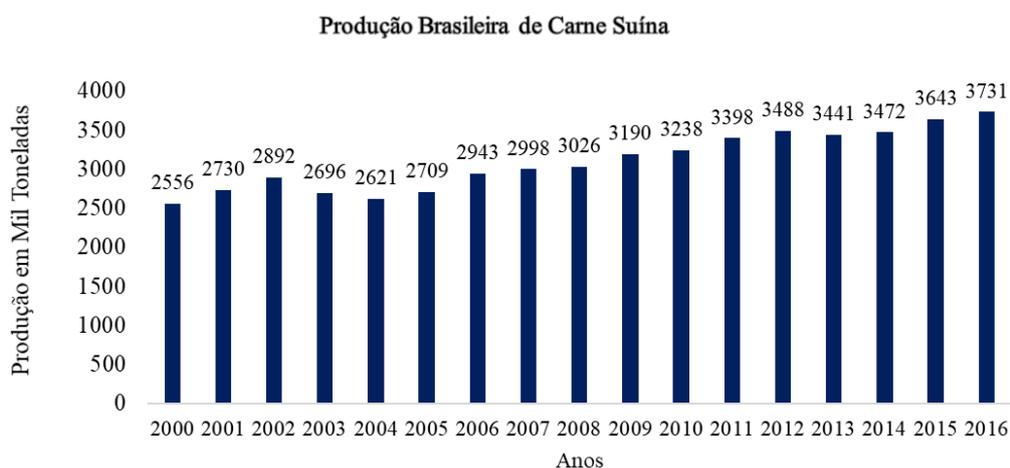
A contaminação do solo decorrente da aplicação de elevadas cargas de dejetos, podem ocasionar alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo (Seganfredo, 2007). O órgão estadual dirigente pela fiscalização das condutas ambientais no estado de Goiás, Secretaria de Estado Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), salienta que no estado ainda não foram estabelecidos os valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de conteúdos químicos de áreas suspeitas de contaminação ambiental.

Deste modo, a destinação inadequada do DLS pode gerar grandes problemas ambientais, representando uma atividade de grande potencial poluidor pela composição química dos dejetos, necessitando ter destinação adequada. Destaca-se, portanto, a importância da realização de pesquisas que estudem os DLS e suas propriedades, promovendo melhor entendimento do mesmo para sua correta aplicação.

## 1.2 Aspectos gerais da suinocultura no Brasil e no estado de Goiás

É de conhecimento que a suinocultura representa uma atividade pecuária de grande relevância econômica e social. Destaca-se, por ser uma fonte de alimento de modo a atender as necessidades da demanda populacional, bem como, contribuir na geração de empregos diretos ou indiretos em todas as esferas de sua produção (USDA, 2016). A consolidação da suinocultura, estabelece importante fator de desenvolvimento econômico nacional, gerando pluralidade de renda em todos os setores da economia, aumentando a demanda de insumos agropecuários e a expansão e modernização dos setores de comercialização e agroindústrias.

Como demonstra a Figura 1, a suinocultura brasileira tem evoluído nas últimas décadas ocupando lugar de destaque na matriz produtiva do agronegócio. Com volume significativo de participação no mercado mundial, o crescimento da produção de suínos é graças aos diversos fatores que promovem o melhoramento da produção.

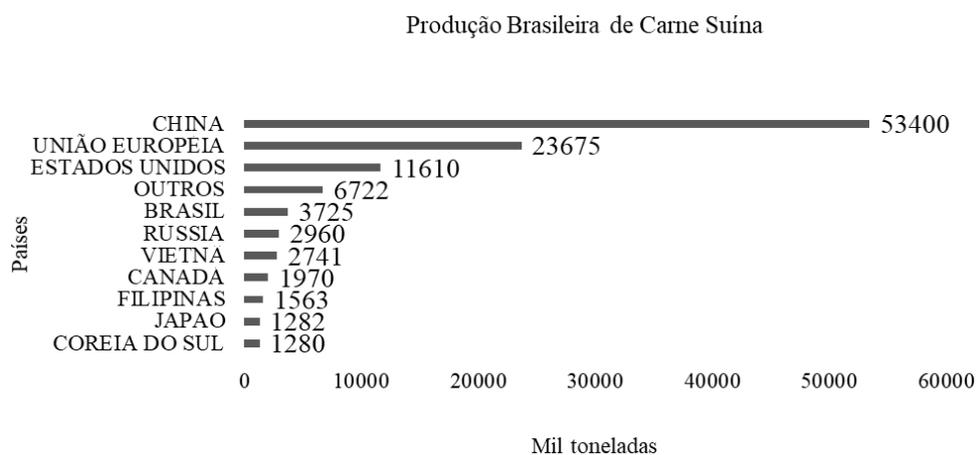


**Figura 1-**Evolução da produção de carne suína brasileira.

Fonte: Adaptado de ABPA 2016.

Nesse contexto, os números mostram que a produção brasileira de carne suína vem crescendo ao longo do tempo, como é possível perceber entre os anos de 2000 e 2016, o aumento na produção de 2.556 mil toneladas para 3.731 respectivamente. A

suinocultura no Brasil tem apresentado significativo crescimento nas últimas décadas. Em conformidade com a Figura 2, o Brasil é o 4º maior produtor de suínos do mundo, ficando atrás da China, União Europeia e Estados Unidos conforme a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018).



**Figura 2-** Produção mundial de suínos.

Fonte: Adaptado de USDA (2017).

Estudos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontam que em 2018/2019, as exportações brasileiras de carne suína representarão 21% do comércio mundial de carne. Esta posição foi alcançada através da mudança de modelo de produção de subsistência ou de pequena escala por médias e grandes unidades de produção de suínos em confinamento (Kunz, 2009). Dessa forma, o Brasil vem se consolidando como grande produtor no mercado mundial de carne suína e também demonstra ampla capacidade de aumentar ainda mais a sua participação no mercado externo. De acordo IBGE (2018), o país possui 41.099.460 cabeças de suínos no último Censo Agropecuário 2017.

**Tabela 3-** Efetivo de rebanhos (cabeças) suínos no Brasil.

Grande região	Efetivo dos rebanhos (cabeças)
Sul	20.970.570
Sudeste	6.884.430
Centro-Oeste	6.217.877
Nordeste	5.445.150
Norte	1.581.433

Fonte: Adaptado IBGE (2017).

Como apresenta a Tabela 2, a região Sul se destaca com o maior efetivo de suínos do país com um total de 20.970.570 cabeças, seguido pela região Sudeste com 6.884.430 efetivo dos rebanhos.

Apesar de ainda muito centralizada na Região Sul do Brasil, na última década acelerou-se a migração desta atividade para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do país. Nos últimos anos, o estado de Goiás vivenciou aumento significativo na produção de carne suína. Esta transformação no cenário agropecuário da região Centro-Oeste, foi proveniente do advento de grandes empresas líderes na industrialização de carnes que, visualizando um ciclo de vida mais produtivo aproximaram o insumo básico da alimentação dos suínos a fonte consumidora, tendo em vista que a região Centro-Oeste é uma das maiores produtoras de grãos do país.

A Tabela 3 apresenta as 10 unidades de federação com maior efetivo de matrizes do Brasil, o estado se encontra no sexto no lugar no país em relação ao efetivo de matrizes.

**Tabela 4-** Matrizes de suínos por unidade de federação.

Unidades da Federação	Efetivo de matrizes de suínos (cabeças)
Santa Catarina	765.336
Paraná	635.279
Rio Grande do Sul	568.846
Minas Gerais	504.969
Mato Grosso	292.725
Goiás	242.911
Maranhão	216.086
Bahia	213.207
Ceará	190.999
São Paulo	167.129

Fonte: Adaptado IBGE (2017).

O estado de Goiás apresenta um rebanho de 2.053.065 cabeças como mostra a Tabela 4. Entre 2011 e 2016, este crescimento foi de 38% em termos de cabeças abatidas e 43% em volume de carne segundo a Associação dos Criadores de Suínos (ABCS, 2018).

**Tabela 5-** Efetivo de rebanho (cabeças) suíno.

Mesorregião geográfica	Efetivo de rebanho (cabeças)
Sul Goiano	1.453.728
Centro Goiano	323.142
Leste Goiano	116.390
Noroeste Goiano	83.650
Norte Goiano	76.155
<b>Total</b>	<b>2.053.065</b>

Fonte: Adaptado IBGE (2017).

Segundo Cruz, Sousa e Ribeiro (2006), Rio Verde é o município do Estado de Goiás que tem a maior concentração de produção de suínos, sendo responsável por 20,8% da produção do estado e 58% do sudoeste goiano.

**Tabela 6-** Efetivo de matrizes nos municípios.

Municípios com maior efetivo de suínos	Efetivo de matrizes de suínos (cabeças)
Toledo – PR	63.240
Rio Verde – GO	61.000
Uberlândia – MG	46.950
Diamantino – MT	44.322
Castro – PR	40.000
Faxinal dos Guesdes -SC	37.828
Tapurah – MT	37.767
Papanduva – SC	37.055
Braço do Norte – SC	36.500
Nova Mutum – MT	31.795
Campus Novos – SC	31.000
Concórdia – SC	30.116

Fonte: Adaptado IBGE (2017).

Apesar do município de Toledo – PR ser a maior detentora do efetivo de matrizes do país, o município de Rio Verde, apresenta um rebanho total de 896.237 cabeças de suínos e se encontra em segundo lugar na quantidade efetiva de matrizes de suínos, como observado na Tabela 5, fato este que implica também em grande quantidade de unidade de suínos, conseqüentemente, grande quantidade de resíduos gerados em pequena área.

### 1.3 O Manejo de Dejetos Líquidos de Suínos e os Impactos no Meio Ambiente.

O sistema de manejo em confinamento, compõe a base do avanço suinícola que traz consigo particularidades positivas perante a perspectiva econômica e operacional, dentre outras características como a grande quantidade de DLS, que merecem atenção para que seus efeitos não se transformem em danos (Hernandes, 2010). Devido a isso, uma atenção maior passou a ser dada à necessidade de medidas ambientalmente corretas para a disposição desses resíduos de modo a reduzir o impacto de seu descarte sobre o ambiente. Sendo assim, para obter desempenho mais eficiente deste, estudos são realizados com a finalidade de melhor aproveitar seu potencial agrônomo como fonte de nutrientes às culturas (Scherer, Nesi & Massotti, 2010; Santos, 2016).

A utilização de DLS como fertilizante, vem sendo cada vez mais enfatizado por possuir uma gama de nutrientes que possibilitam aumentar a fertilidade do solo, assim, diminuindo os custos com adubação mineral em culturas. Os resultados da melhora na

produção e composição da pastagem evidenciados com bom emprego de DLS, contribuem também para a composição de nutrientes presentes no solo, intensificando a atividade microbiana e enzimática (Scherer & Nesi, 2004).

Em contrapartida, sob o ponto de vista ambiental o cuidado incide sobre o grande volume de resíduos provenientes desta atividade, que devem ter destinação viável, econômica e sustentável (Miele & Machado, 2006). Em razão da grande concentração geográfica da produção animal provoca alto nível de resíduos os quais desencadeiam diversos problemas ambientais.

A poluição gerada por dejetos líquidos dos animais, torna-se um problema de grandes dimensões pela desproporcionalidade de nutrientes presentes nesses, quando alcançando elevadas concentrações no solo, tais nutrientes como ferro, manganês, boro, zinco, cobre, zinco, arsênio, cádmio mercúrio, chumbo podem causar relevantes degradação do solo atingindo níveis tóxicos para plantas e microrganismos. As principais manifestações de deterioração ambiental resultantes da atividade são a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por compostos orgânicos, principalmente, nitratos e microrganismos entéricos que ocasionam também alterações nas características físicas, químicas e biológicas dos solos, além disso, a poluição atmosférica pela emissão de odores e gases prejudiciais como amônia, metano, dióxido de carbono que são produzidos durante a atividade suinícola (Sardá et al., 2010).

A aplicação metódica do DLS concebe a adição de grandes quantidades de nutrientes ao solo, elevando assim, as concentrações de P, Mg e Ca (Ceretta et. al., 2003). Em um estudo realizado por Boitt et. al (2018), observou-se que o Fósforo (P) a longo prazo resulta em acumulações proporcionais à taxa de aplicação, sendo já perceptíveis na camada superior do solo, implicando em maior potencialidade de transferência de P ao ambiente associado. As taxas elevadas e sucessivas aplicações de dejetos suínos, podem ocasionar a transferência de nutrientes por escoamento superficial podendo provocar impactos negativos em especial à qualidade das águas, como por exemplo, a eutrofização dos corpos hídricos (Ceretta et al., 2010; Yang et al., 2017).

O grande desafio para a difusão sustentável da suinocultura no Brasil, é encontrar procedimentos e tecnologias que equilibrem a cadeia produtiva com uso racional dos recursos e minimizem o impacto ambiental. A aplicação de dejetos de animais na agricultura é um meio para contenção da poluição do sistema água-solo-atmosfera,

disponibilizando água e fertilizantes para as culturas e, conseqüentemente, aumento na produtividade.

No entanto, para que se torne uma prática viável, é necessário aperfeiçoar metodologias de tratamento, de aplicação e manejo de efluentes (Batista, Souza & Ferreira, 2010). Desta forma, pesquisas de longo prazo relacionadas sobre aplicação e o emprego do esterco animal e dejetos podem favorecer o entendimento sobre concentrações ótimas para se determinar taxas e intervalos de aplicação benéficos para as propriedades químicas do solo (Schlegel et al. 2017).

#### 1.4 Aparato Legislativo Ambiental

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução N°001/86, em seu artigo 1º, estabelece impacto ambiental como:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humana que direta ou indiretamente afetam: a saúde e bem - estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a qualquer dos recursos ambientais”.(Brasil, 1986, Art.001).

No Brasil, a Legislação Federal que regula a suinocultura está estabelecida em processos de licenciamento ambiental que se constitui pelas fases de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), juntamente com a Resolução do CONAMA 237/1997, Lei 12.305 de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010, bem como, a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 sobre o novo Código Florestal, além das normativas aplicáveis de cada estado que fornecem diretrizes para o desenvolvimento da atividade suinícola.

Em Goiás, cabe a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), coordenar o sistema de prevenção e controle da poluição ambiental, além de formular e coordenar a política estadual de meio ambiente, de recursos hídricos, florestas e biodiversidades. No município de Rio Verde, é a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) que regula e fiscaliza estas atividades. Segundo o presidente da Agência Goiana de Meio Ambiente (PRES/AGAMA), no uso de suas atribuições legais

dispõe sobre a Portaria nº 07/2006, embasa os processos de licenciamento e autorizações para intervenção ambiental no estado de Goiás sobre a criação de suínos em sistema de confinamento em granja de suinocultura.

### 1.5 Referências

Associação Brasileira de Criadores de Suínos (2018). Disponível em:<<http://www.abcs.org.br/>>. Acesso em: 14 fev.2018.

Associação Brasileira de Proteína Animal. (2018). Relatório anual de 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>. Acesso 14 fev.2019.

Batista, R. O., Souza J. A. R., & Ferreira, D. C. Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. *Revista Ceres*, v. 57(1) p. 18-22. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000100004>

Bertoncini, E. I. (2011). Dejetos da suinocultura-desafios para o uso agrícola. *Pesquisa & Tecnologia, Campinas*, 8(2), 1-10.

Bissani, C., Camargo, F., Gainello, C., & Tedesco, M. (2009). Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto. *Fósforo em sistema plantio direto afetado pelo histórico de uso do solo e os efeitos agrônômico e ambiental*, 34.

Boitt, G., Schmitt, D. E., Gatiboni, L. C., Wakelin, S. A., Black, A., Sacomori, W., & Condron, L. M. (2018). Fate of phosphorus applied to soil in pig slurry under cropping in Southern Brazil. *Geoderma*, 321, 164-72. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.010>

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Suinocultura ABC. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br> > Acesso em: 14 fev.2018.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº.237, de 22 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 dez. 1997.

\_\_\_\_\_ Resolução nº.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986

\_\_\_\_\_ Resolução nº. 420, de 28 de dezembro de 2009; Dispõe sobre Critérios e Valores Orientadores de Qualidade do Solo Quanto à Presença de Substâncias Químicas e Estabelece Diretrizes para o Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas por essas Substâncias em Decorrência de Atividades Antrópicas.

\_\_\_\_\_ Lei. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, p. 950-971, 1998.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2010.

\_\_\_\_\_. Novo Código Florestal. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União

\_\_\_\_\_. Portaria nº 007/2006 PRES/AGMA. Dispõe sobre o licenciamento de criação de suínos em sistema de confinamento em granjas e suinoculturas.

Cetesb. Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma Técnica P 4.231/2015: Vinhaça – Critérios e procedimentos para a aplicação no solo agrícola. São Paulo, 2015.

\_\_\_\_\_. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005). São Paulo, 2005

Ceretta, C. A., Giroto, E., Lourenzi, C. R., Trentin, G., Vieira, R. C. B., & Brunetto, G. (2010). Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. *Agriculture, ecosystems & environment*, 139(4), 689-699. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.10.016>

Comissão de química e fertilidade do solo-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11º ed.s.l.: SBCS Núcleo Regional Sul, 2016.

Corrêa, J. C., Barilli, J., Rebellatto, A., & VEIGA, M. D. (2011). Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo. *Embrapa Suínos e Aves-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Cruz, A. F. D., Sousa, A. G. D., & Ribeiro, F. L. (2006). *Estimativa do volume de dejetos suínos na região de Rio Verde-Goiás*.

De Andrade, H. B., Filho, L. O. M., & Borges, L. A. C. (2017). O licenciamento ambiental de suinoculturas na região do Alto São Francisco, Minas Gerais. *Extensão Rural*, 24(2), 72-84.

Dos Santos, D. T., & Da Silva, V. M. (2019). A suinocultura e os impactos ao meio ambiente. *Ciência & tecnologia*, 2(2), 43-48.

Hernandes, J. F. D. M. (2010). Políticas públicas na gestão ambiental da suinocultura no Vale do Taquari-RS.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Dados preliminares Censo agropecuário*. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Pesquisa Pecuária Municipal efetivo de rebanho por tipo de rebanho. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

Ito, M., Guimarães, D. D., & Amaral, G. F. (2016). Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades.

Jelinek, T. (1977). Título In: Taiganides, EP Animal wastes. *Essex, England: Ap. Sc*, 165-74.

Kunz, A., Higarashi, M. M., & de Oliveira, P. A. (2005). Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 22(3), 651-665.

Kunz, A. (2009). Transformações da produção animal no Brasil e suas consequências ambientais. *I simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos de animais*.

Kornegay, E. T., Harper, A. F., Jones, R. D., & Boyd, L. J. (1997). Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. *The professional animal scientist*, 13(3), 99-111.

Lourenzi, C. R., Scherer, E. E., Ceretta, C. A., Tiecher, T. L., Cancian, A., Ferreira, P. A. Avelar, & Brunetto, G. (2016). Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(3), 233-242. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300005>

Miele, M., & Machado, J. S. (2006). *Levantamento sistemático da produção e abate de suínos-LSPS: metodologia Abipecs-Embrapa de previsão e acompanhamento da suinocultura brasileira*. Embrapa Suínos e Aves.

Mondardo, D., Castagnara, D. D., Oliveira, P. S. R., Zoz, T., & Mesquita, E. E. (2011). Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquidos suíno. *Revista Ciência Agrônômica*, 42(2), 509-517. <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200034>

Oliveira, P. A. V. (1993). Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. *Embrapa Suínos e Aves-Documentos (INFOTECA-E)*.

Qian, X., Wang, Z., Shen, G., Chen, X., Tang, Z., Guo, C., ... & Fu, K. (2018). Heavy metals accumulation in soil after 4 years of continuous land application of swine manure: A field-scale monitoring and modeling estimation. *Chemosphere*, 210, 1029-1034. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.107>

Santos, D. B. D. (2016). *Acúmulo de carbono no solo e potencial de aquecimento global influenciados pelo modo de aplicação de dejetos líquidos de suínos e inibidor de nitrificação* (Tese de doutorado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS, Brasil.

Sardá, L. G., Higarashi, M. M., Muller, S., Oliveira, P. A., & Comin, J. J. (2010). Redução da emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S através da compostagem de dejetos suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(9), 1008-1013. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900014>

Scherer, E. E., & Nesi, C. N. (2004). Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos suínos. *Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas*, 26, 2004.

Scherer, E. E., Nesi, C. N., & Massotti, Z. (2010). Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1375-1383. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>

Seganfredo, M. A. (Ed.). (2007). *Gestão ambiental na suinocultura*. Embrapa Informação Tecnológica.

Schlegel, A. J., Assefa, Y., Bond, H. D., Haag, L. A., & Stone, L. R. (2017). Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. *Soil and Tillage Research*, 172, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.05.004>

Souza, W. J., & Duarte, S. N. (2014). *Água residuária e aplicações em áreas agrícolas*. Piracicaba- SP: FEALQ.

USDA, F. (2016). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. United States Department of Agriculture. *Foreign Agriculture Service*.

Veloso, A. V., Campos, A. T., Marin, D. B., Mattioli, M. C., & Néri, A. C. (2018). Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejetos em biodigestor-avaliação de parâmetros físico-químicos. *Revista Engenharia na Agricultura*, 26(4), 322-333. <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.846>

Yang, Y., Zhang, H., Qian, X., Duan, J., & Wang, G. (2017). Excessive application of pig manure increases the risk of P loss in calcic cinnamon soil in China. *Science of the Total Environment*, 609, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.149>

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Estudar as modificações causadas no solo pela fertirrigação dos DLS em uma granja de suíno em terminação, localizada no Município de Rio Verde- Goiás, bem como, propor a adaptação da norma técnica da CETESB P 4.231/2015 - Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola – na fertirrigação dos DLS em pastagens.

### 2.2 Objetivos Específicos

- I. Caracterizar o solo e o dejetos líquido suíno (DLS) da granja em estudo;
- II. Identificar alterações na composição físico-química do solo sob o efeito de aplicação de DLS;
- III. Verificar o impacto dos procedimentos atualmente utilizados na aplicação dos DLS;
- IV. Simular doses adequadas para as atuais condições de campo da granja em estudo.

### 3. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Revista *Acta Scientiarum Technology*)

Impactos causados no solo pela aplicação de dejetos de suínos e proposição de manejo adequado em uma granja de terminação

#### RESUMO

Em face do aumento do nível de produção de DLS em virtude da alta concentração de animais por área, a intensificação e concentração da suinocultura em determinadas regiões têm resultado na aplicação intensiva do dejetos líquido suíno (DLS) no mesmo terreno o que pode proporcionar o acúmulo no solo e a transferência de elementos, como o nitrogênio (N), fósforo (P), cobre (Cu) e zinco (Zn), podendo comprometer a capacidade produtiva do espaço territorial daquela região, contaminação das águas e lençóis freáticos. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar as concentrações dos elementos presentes no solo e no DLS, em relação aos valores estipulados pela resolução CONAMA N° 420 e também pela CETESB N° 195/2005, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto a presença de substâncias químicas, bem como, baseado no elemento referencial, adaptar à norma técnica P 4.231/2015 proposta pela CETESB para o cálculo da dosagem de aplicação de vinhaça, em aplicação de DLS no cultivo de pastagens. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Talhado Cinco de Março zona rural - Município de Rio Verde – GO, foram realizadas amostragens para

determinação dos atributos físico-químicos dos solos e análises químicas dos DLS, submetidos a tratamento estatístico de Análise de Variância e Test Tukey 5%. Os resultados possibilitaram aferir que o manejo adotado não é o mais adequado, fazendo-se necessária a revisão dos procedimentos atualmente adotados, constatou-se ainda que a formulação da CETESB P 4.231/2015 demonstrou ser um mecanismo técnico pertinente para aplicação do DLS com base no elemento potássio (K) presente no DLS, visto que, este elemento é muito mais estável que o elemento nitrogênio (N).

**Palavras-chave:** Água residuária; Fertirrigação; Nutrientes; Suinocultura.

## ABSTRACT

Due to the increase in the DLS production level by the high concentration of animals per area, the intensification and concentration of pig farming in certain regions has resulted in the intensive application of swine manure (DLS) in the same terrain, which may provide the soil accumulation and the transference of elements such as nitrogen (N), phosphorus (P), copper (Cu) and zinc (Zn), which may compromise the productive capacity of the territorial space of that region, contaminating waters and sheets and water table. In this sense, this work aimed to evaluate the elements concentration present in the soil and in DLS, in relation to the values stipulated by CONAMA Resolution No. 420 and also by CETESB No. 195/2005, which provides for criteria and values guiding soil quality and groundwater for chemicals presence, and, based on the reference element, adapt to the technical standard P 4.231 / 2015 proposed by CETESB for the dose calculation of vinasse application, in DLS application in pasture cultivation. The work was carried out at Fazenda Talhado Cinco de Março rural zone - Rio Verde Municipality - GO. Samples were performed to determine the soil physicochemical attributes and DLS chemical analysis of the DLS, submitted to statistical analysis of Variance Analysis and Test Tukey 5. %. The results made it possible to verify that the used management is not the most appropriate, and it is necessary to review the procedures currently adopted, such as performing more constant soil and DLS analyzes, to avoid that their continues application in a disorderly manner and with possible negative impacts on the environment.

**Key words:** Wastewater; character; fertigation; nutrients; Pig Farm.

### 3.1 Introdução

Sendo uma das principais atividades agropecuárias, a suinocultura, apresenta-se de maneira concentrada nas regiões produtoras, aumentando significativamente a aplicação de dejetos líquidos de suíno (DLS) no solo (Sacomori et al., 2016). Desta forma, o aumento e a concentração da suinocultura em certas regiões resulta na aplicação desregulada e excessiva de DLS em uma mesma área, o que pode afetar negativamente a capacidade produtiva do solo, plantas e a contaminação de águas da superfície e subterrâneas (Fernandes et al., 2014; Herrmann et al., 2016; Rosa et al., 2017).

Levando-se em conta o alto custo dos fertilizantes químicos essenciais ao manejo das pastagens e, às exigências ambientais em relação ao controle dos DLS, aliar o teor dos nutrientes na composição dos dejetos para adubar áreas torna-se imprescindível para promover a destinação eminente do DLS (Costa, Faquim & Oliveira, 2010). Em virtude do DLS ser produzido continuamente, o uso prolongado destes no solo, resulta em doses excessivas e desbalanceadas em relação aos nutrientes requeridos pelas culturas, uma vez que este contém desproporcionalmente vários nutrientes em sua constituição os quais, não estão balanceados de modo a suprir às necessidades agronômicas do solo e plantas (Prior et al., 2015), ocasionando acúmulo excedente, de elementos que são requeridos em menor quantidade (CQFS-RS/SC, 2016).

Embora sejam constatadas evidências de ganhos na produtividade pelas culturas (Menezes et al., 2018), quanto para as propriedades químicas do solo (Lourenzi et al., 2013), a aplicação do DLS como fonte de nutrientes, quando manejados de maneira inadequada, pode proporcionar o acúmulo no solo de e a transferência de elementos Cu, Zn, N, P e K. Diante disso, podem ocorrer impactos ambientais indesejáveis, de modo a causar alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Seganfredo, 2004), e a poluição das águas superficiais e subsuperficiais, e deterioração de rios e lagos (Boitt et al. 2018, Ceretta et al., 2010, Wang et al., 2013, Yang et al., 2017).

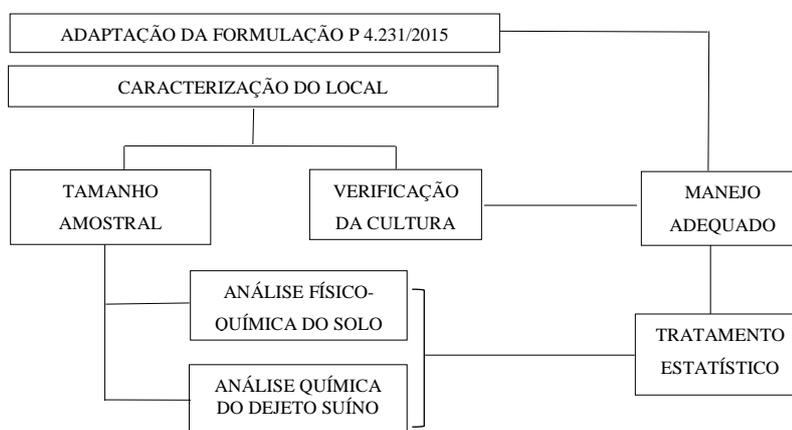
Deste modo, o estudo do comportamento dos elementos contidos no solo onde se emprega DLS como fertilizante proporciona alinhar estratégias para reduzir alterações nos métodos de produção, objetivando um desenvolvimento sustentável (Scherer, Nesi & Massotti 2010). Assim, para que se possa preservar a qualidade do solo, aspectos como o tempo de aplicação destes dejetos ao solo, a forma com que serão distribuídos e a concentração dos nutrientes presentes no dejetos são de suma importância para o correto manejo do DLS visando a sustentabilidade do sistema (Bernardes, 2017).

Devido a variação nutricional do DLS, torna-se pertinente a realização de estudos sobre a forma com que são distribuídos, para que o fornecimento destes ocorra em quantidade e proporção equilibrada com intuito de reduzir o poder poluente dos dejetos e preservar o meio ambiente. Nesse sentido, considerando-se que a destinação do DLS deve seguir critérios agronômicos e ambientais.

Este trabalho visou avaliar as concentrações dos elementos presentes no solo e em DLS, referente aos valores estipulados pela resolução CONAMA N° 420 e também pela CETESB N° 195/2005, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de substâncias química, bem como, levando-se em consideração o elemento referencial, objetivou-se adaptar a norma técnica P 4.231/2015 proposta pela Cetesb para o cálculo da dosagem de aplicação de vinhaça, em aplicação de DLS no cultivo de pastagens de modo a garantir a correta ciclagem de nutrientes e nutrição das plantas minimizando os possíveis impactos negativos decorrentes desta prática.

### 3.2 Materiais e Métodos

O desenvolvimento da pesquisa para atender os objetivos propostos segue o fluxograma apresentado na Figura 1.

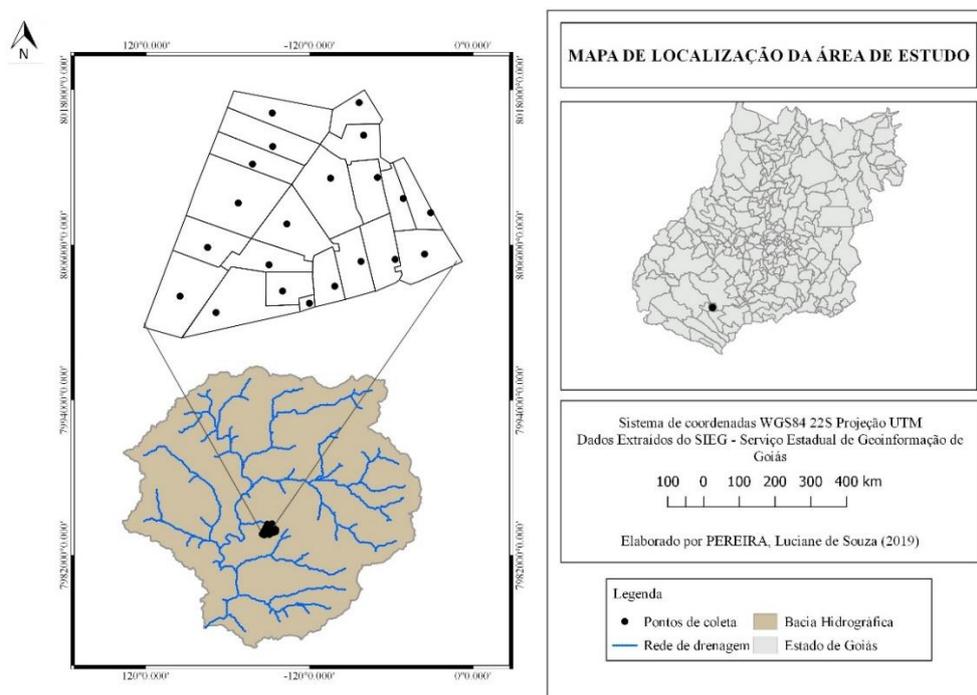


**Figura 1-** Fluxograma das etapas da pesquisa.

#### 3.2.1 Caracterização do Local em estudo

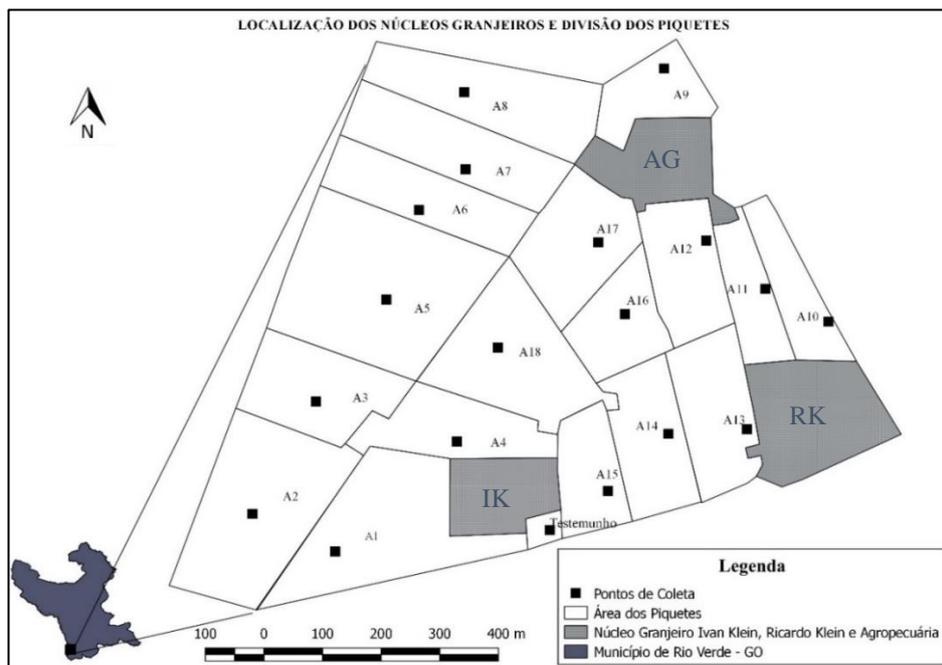
O presente estudo foi conduzido na Fazenda Talhado Cinco de Março, localizada na Rodovia GO 174 sentido Rio Verde a Aparecida do Rio Doce km 54, Zona Rural - Município de Rio Verde – GO. De acordo com a classificação Köppen e Geiger o clima da região é Aw (tropical com chuvas no verão), 23.3 °C temperatura média em Rio Verde e, 1663 mm é a pluviosidade média anual (INMET, 2019). A região faz parte da bacia

hidrográfica do Rio Paranaíba no sudoeste de Goiás, onde encontra-se os corpos hídricos rio Doce, rio Talhado e córrego da Lata (Figura 2).



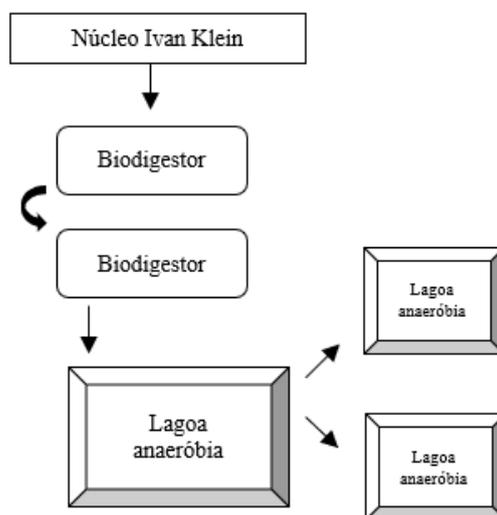
**Figura 2-** Mapa de localização da Fazenda Talhado Cinco de Março inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no sudoeste de Goiás.

A área total em estudo são 91 hectares, sendo que destes, 70 hectares são subdivididos em 18 piquetes destinados a pastagem, com reserva legal extrapropriedade. No local, há três núcleos granjeiros de suínos em sistema vertical de terminação, denominados Ivan Klein com latitude  $18^{\circ}14'4.99''S$  e longitude  $51^{\circ}6'9.54''O$ , Ricardo Klein com latitude  $18^{\circ}14'3.59''S$  e longitude  $51^{\circ}5'58.13''O$  e Agropecuária com latitude  $18^{\circ}13'48.61''S$  e longitude  $51^{\circ}6'1.36''O$  como apresenta a Figura 3.



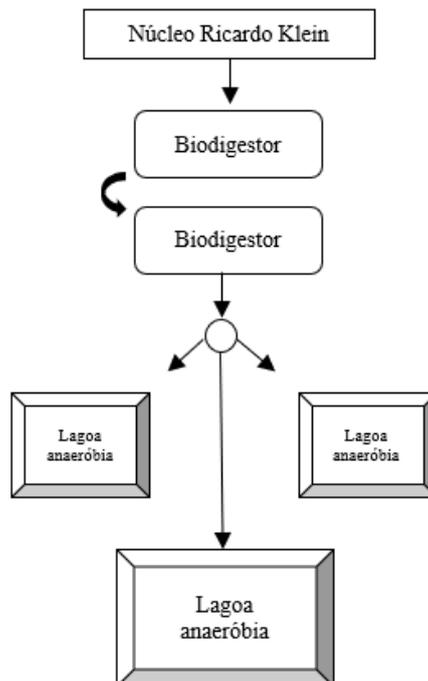
**Figura 3-** Mapa de localização e divisões dos piquetes em suas respectivas áreas e núcleos granjeiros IK (Ivan Klein), RK (Ricardo Klein) e AG (Agropecuária) da Fazenda Talhado Cinco de Março no sudoeste de Goiás.

Para o tratamento do DLS o conjunto é constituído por três lagoas anaeróbias e dois biodigestores anaeróbios. A Figura 4 apresenta o encaminhamento do DLS do núcleo granjeiro Ivan Klein, para os biodigestores e, desses para as lagoas.



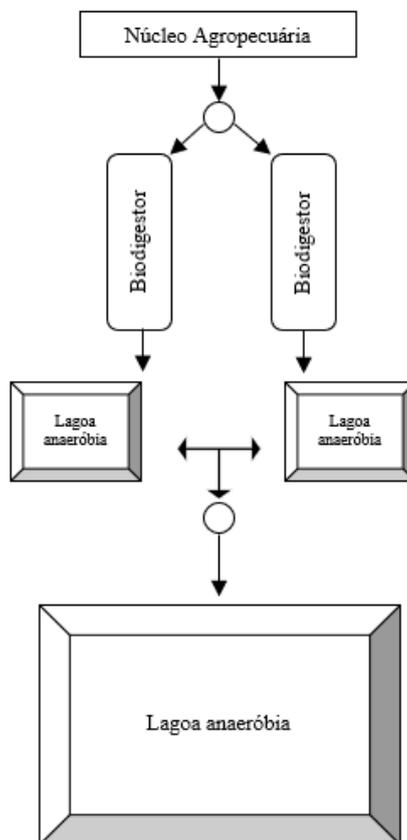
**Figura 4-** Esquema do Fluxo de DLS granja Ivan Klein.

Encaminhamento do DLS no núcleo granjeiro denominado Ricardo Klein para os biodigestores e desses para as lagoas é representado pela Figura 5.



**Figura 5-** Esquema do fluxo do DLS granja Ricardo Klein.

Esquema de direcionamento do DLS do núcleo Agropecuária para os biodigestores e, desses para as lagoas (Figura 6).



**Figura 6-** Esquema fluxo DLS granja Agropecuária.

Os DLS das três granjas são bombeados e encaminhados posteriormente para uma única lagoa localizada no núcleo Agropecuária, da qual é feita a coleta do material utilizado para fertirrigação. Desta forma, através do autopropelido com movimentação por carretel enrolador é realizada a aspersão por pivô central dos DLS nos piquetes como demonstra a Figura 7.



**Figura 7-** Aplicação dos DLS por aspersão através do autopropelido e pivô central.

Os 70 hectares subdivididos em 18 piquetes (Tabela 1) destinados a pastagem recebem aplicação de DLS desde 2007, sendo explorados por pecuária extensiva sob o plantio de *Brachiaria brizantha*. Em 2009, obteve-se a melhoria do solo passando a ser utilizada para pecuária semi-intensiva. Houve a troca da gramínea *Brachiaria brizantha* pela grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*) em 2011, passando desde então, a ser explorada por pecuária intensiva, com manejo rotacionado de pastejo com 4 dias de ocupação e 20 dias de descanso.

**Tabela 1-** Dimensão dos piquetes.

Piquetes	Área (hectares)
A1	6,00
A2	6,48
A3	3,66
A4	3,10
A5	8,38
A6	3,39
A7	4,00
A8	4,52
A9	2,13
A10	2,18
A11	1,99
A12	2,99
A13	3,36
A14	3,18
A15	2,27
A16	2,52
A17	6,20
A18	3,65

### 3.2.2 Tamanho amostral

De modo a determinar de forma inteligente o número de unidades amostrais, utilizou-se para estimar o número de amostras, o valor crítico da distribuição de t de *Student* para um dado nível de confiança, desvio-padrão geral e nível de incerteza aceitável (Equação 1).

$$n = \left( \frac{t * S}{U} \right)^2 \quad (1)$$

Em que:

n= número de amostras;

t= distribuição de t de Student segundo valor  $\alpha$ ;

S= desvio padrão;

U= nível de incerteza aceitável.

O planeamento amostral é um requisito essencial para uma pesquisa, pois, estipula a quantidade de dados de modo eficiente evitando assim, gastos desnecessários caso amostra seja muito grande ou uma caracterização imprecisa no caso de muito pequena Snedecor e Cochran (1977).

Para obter o número de amostras necessárias para uma confiável caracterização, realizou-se o plano amostral dos atributos do solo (Tabela 2), com graus de liberdade igual a 35, contendo valor crítico da distribuição de t de *Student* para um dado nível de confiança, desvio-padrão geral, nível de incerteza aceitável e o valor *alpha*.

**Tabela 2-** Plano amostral de solo

Parâmetros	Grau de confiança	Valor alpha	Média	Desvio padrão	Nível de incerteza	Valor t-student	Nº de amostras
pH	99%	1%	5,17	0,35	0,17	2,72	32
P	99%	1%	37,57	30,47	15,00	2,72	31
AL	99%	1%	0,01	0,07	5,00	2,72	1
k	99%	1%	0,33	0,18	0,10	2,72	25
Ca	99%	1%	1,39	0,28	0,20	2,72	15
Mg	99%	1%	0,62	0,21	0,10	2,72	32
S	99%	1%	2,57	1,47	0,70	2,72	33
H + Al	99%	1%	1,91	0,51	0,25	2,72	32
M.O.	99%	1%	8,08	2,29	10,00	2,72	1
CARBONO ORGANICO TOTAL	99%	1%	4,69	1,33	0,60	2,72	37
SOMA DE BASES (S)	99%	1%	2,35	0,46	0,21	2,72	36
Ca+Mg	99%	1%	2,02	0,38	0,20	2,72	28
C.T.C.	98%	3%	4,27	0,74	0,30	2,34	34
SAT. BASES (V)	99%	1%	55,45	7,54	10,00	2,72	5
SAT. ALUMINIO (m)	99%	1%	0,82	3,43	10,00	2,72	1
B	99%	1%	0,21	0,12	0,10	2,72	11
Cu	98%	3%	4,17	1,41	0,55	2,34	36
Fe	99%	1%	61,89	13,50	10,00	2,72	14
Mn	99%	1%	7,00	1,93	0,88	2,72	36
Zn	98%	3%	3,24	1,09	0,43	2,34	36
Areia	95%	5%	864,17	25,00	8,50	2,03	36
Silte	95%	5%	25,83	10,52	3,60	2,03	36
Argila	95%	5%	110,00	26,08	9,00	2,03	35

Feito anteriormente para determinação do número de amostras de solos, realizou-se a estimativa do plano amostral de dejetos, adotando-se 19 graus de liberdade e obtendo-se assim, o número de amostras necessárias, como exposto na Tabela 3.

**Tabela 3-** Plano amostral dejetos suínos.

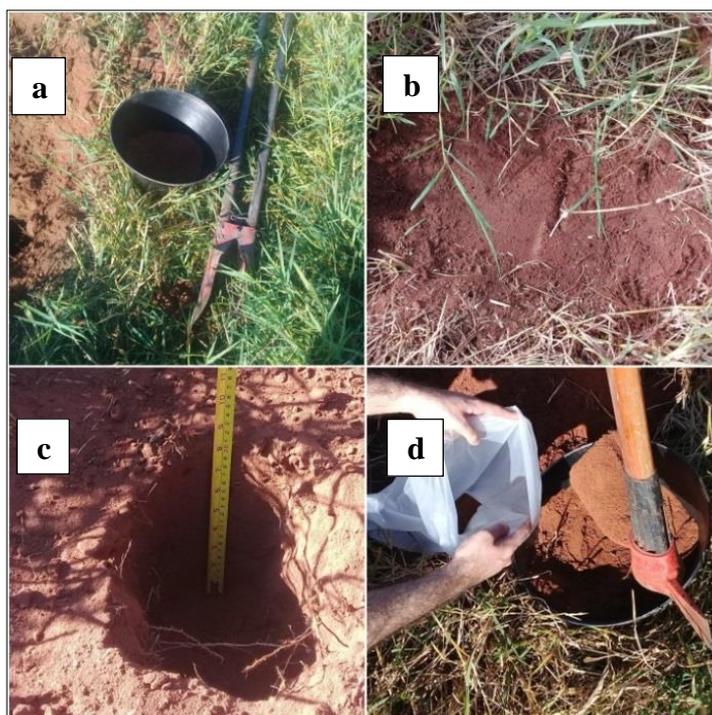
Parâmetro	Grau de confiança	Valor alpha	Média	Desvio padrão	Nível de incerteza	Valor T-student	Nº amostras
pH	95%	5%	8,04	0,24	0,03	2,09	18
N	95%	5%	2,67	1,88	0,94	2,09	18
P	95%	5%	1,07	1,50	0,75	2,09	18
K	95%	5%	1,69	0,47	0,24	2,09	18
S	95%	5%	7,18	8,38	4,19	2,09	18
Ca	95%	5%	37,82	64,49	32,24	2,09	18
Mg	95%	5%	21,37	35,54	17,77	2,09	18
Cu	95%	5%	23,57	9,82	4,91	2,09	18
Fe	95%	5%	86,28	72,94	36,47	2,09	18
Mn	95%	5%	11,72	13,23	6,61	2,09	18
Zn	95%	5%	36,50	50,89	25,44	2,09	18
M.O	95%	5%	915,61	116,00	58,00	2,09	18

### 3.2.3 Caracterização e amostragem

#### 3.2.3.1 Solo

Para classificação do solo da região em estudo, foram retiradas amostras com trado holandês ao longo de um metro do perfil do mesmo, sendo submetidas à análise de granulometria (textura) de acordo com (Donagema et al., 2011). Desta forma, o solo da região experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (Dos Santos, 2018).

Como demonstra a Figura 8, as amostras de solo foram obtidas com utilização de balde e cavadeira para perfuração ao longo do perfil do solo (Figura 8 a), com auxílio de uma enxada foi retirada matéria orgânica superficial (Figura 8 b) e trena para medir a profundidade de interesse do estudo, de 20 - 40 cm (Figura 8 c). Para compor as amostragens representativas de cada área, foram realizadas três perfurações que, por conseguinte, resultaram em uma única amostra composta que foi hermeticamente fechada e identificada (Figura 8 d) para se determinar as características físico-químicas do solo.



**Figura 8-** Coleta de amostras de solo. a) balde e cavadeira, b) retirada matéria orgânica, c) trena a profundidade 20-40 cm d) amostra composta.

A periodicidade de realização das coletas foi dividida em duas etapas que compreenderam o período de seca e o período de chuvas da região, sendo estas efetuadas em maio e novembro de 2018 respectivamente. Ao longo de cada etapa, foram obtidas 18

amostras de solos, totalizando 36 amostras a profundidade de 20-40 cm. Para a avaliação dos atributos químicos do solo, foram determinados: pH em  $\text{CaCl}_2$ , Fósforo (P), Potássio (K), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) extraídos por solução de Mellich, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) em KCl, Carbono Orgânico Total, Alumínio (Al) Boro (B), Enxofre (S), Matéria Orgânica (M.O), Textura do solo (areia, silte, argila), acidez potencial (H+Al), Soma de Bases (S), CTC, Saturação por bases (V), Saturação por alumínio (m) conforme metodologia proposta por (Donagema et al., 2011).

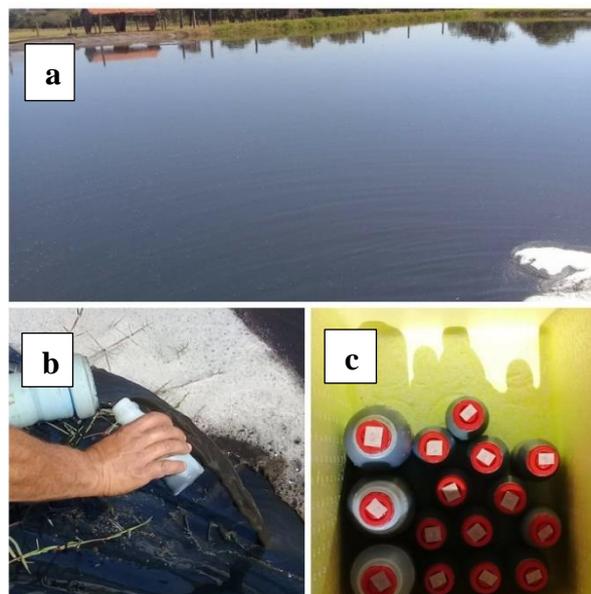
As características físico-química do solo em que nunca foi realizada a aplicação de DLS, denominado Testemunha, apresenta-se na Tabela 4.

**Tabela 4-** Caracterização físico-química testemunha solos 1ª e 2ª etapa.

Parâmetros	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	C.T.C.	Cu	Zn	Areia	Silte	Argila	Mg:K
	-		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			Mg.dm <sup>-3</sup>			g.kg <sup>-1</sup>		Relações
Testemunho 1ª etapa maio	4,85	0,05	1,40	0,60	5,05	4,00	3,60	900,00	20,00	80,00	11,76
Testemunho 2ª etapa novembro	4,80	0,17	1,60	0,40	4,07	3,30	0,80	880,00	20,00	100,00	2,38

### 3.2.3.2 Dejeito Líquido Suíno

As amostras de dejetos suínos, foram coletadas em uma única lagoa (Figura 9 a) e (Figura 9 b) e acondicionadas em recipientes próprios e armazenadas em caixa de isopor com gelo (Figura 9 c) para o transporte. As características dos dejetos suínos em relação aos teores de nutrientes presentes nestes são: pH, Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Enxofre (S), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Matéria Orgânica (M.O), foram aferidas seguindo a metodologia *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017).



**Figura 9-** Coleta de amostras de dejetos. a) lagoa coletadas as amostras, b) coleta do DLS, c) recipientes próprios armazenadas em caixa de isopor.

A regularidade de execução das coletas compreendeu duas etapas supracitadas para coleta de solos, maio e novembro de 2018. Ao longo de cada etapa foram obtidas 10 amostras de dejetos, totalizando 20 amostras.

Após as amostras serem coletadas e com devida identificação, estas foram encaminhadas para o Laboratório Germinar, localizado na cidade de Rio Verde para a avaliação e caracterização dos elementos. As características físico-química do solo e as características químicas do dejetos líquido suíno, encontram-se no Apêndice solos e DLS.

### 3.2.3.3 Valores orientados para solo e para águas subterrâneas.

Para o município de Rio Verde, as interpretações das concentrações dos elementos presentes no solo e águas subterrâneas foram embasadas nos valores estipulados pela resolução N° 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e também pela Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) Decisão da Diretoria N° 195/2005, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto a presença de substâncias químicas como apresenta as Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5-** Valores orientados para solo e para águas subterrâneas.

Elementos	Prevenção	Agrícola	Investigação		Água subterrânea $\mu.L^{-1}$
			Residencial $mg.kg^{-1}$	Industrial	
Boro	-	-	-	-	500
Cobre	60	200	400	600	2.000
Nitrato (como N)	-	-	-	-	10.000
Zinco	300	450	1.000	2.000	1.050

Fonte: Adaptada CONAMA N° 420 (2009).

**Tabela 6-** Valores orientados para solo e água subterrânea no estado de São Paulo 2016.

Elementos	Referência de qualidade	Prevenção	Agrícola	Investigação		Água subterrânea $\mu.L^{-1}$
				Residencial $mg.kg^{-1}$	Industrial	
Boro	-	-	-	-	-	2.400
Cobre	35	60	760	2100	10.000	2.000
Nitrato (como N)	-	-	-	-	-	10.000
Zinco	60	86	1.900	7.000	10.000	1.800

Fonte: Adaptada Cetesb N° 195 (2016).

### 3.2.4 Tratamento estatístico

As verificações dos resultados das análises de solos foram realizadas por meio de tratamento estatístico entre duas etapas que compreenderam o período de seca (maio) e o período de chuva (novembro). Assim, realizou-se dois tratamentos e dezoito repetições para cada parâmetro. Conjuntamente, seguiram-se as análises para DLS utilizado na fertirrigação, com 2 tratamentos e 10 repetições para cada parâmetro. O delineamento experimental utilizado constituiu de blocos inteiramente ao acaso, submetido à Análise de Variância (ANOVA) e, posteriormente, verificou-se a comparação entre as médias pelo Teste Tukey a 5% de significância.

### 3.2.5 Adaptação da fórmula CETESB

A metodologia adotada para estimar a aplicação de Vinhaça no solo segue os padrões estabelecidos pela norma técnica P 4.231/2015 estabelecida pela Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que define os critérios e procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça nos solos do estado de São Paulo.

Segundo CETESB (2015), a determinação e dosagem aplicada da vinhaça para enriquecimento do solo agrícola são calculadas considerando-se o potássio na vinhaça, que é o elemento que se encontra em maior concentração e a extração média desse elemento pela cultura, profundidade e fertilidade do solo, levando-se em conta que, o

acúmulo máximo de potássio no solo não poderá exceder 5% da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) (Elia neto, 2010). Atingindo-se esse limite, a aplicação de vinhaça ficará restrita à reposição desse nutriente em função da extração média pela cultura de cana de açúcar, que é de 185 kg de K<sub>2</sub>O por hectare por corte, conforme apresenta a equação a Equação 2.

$$\text{m}^3 \text{ de vinhaça ha}^{-1} = \frac{[(0,05 \times \text{CTC} - \text{Ks}) \times 3744 + 185]}{\text{kvi}} \quad (2)$$

Ks refere-se à concentração de potássio no solo, expresso em cmolc.dm<sup>-3</sup>, à profundidade de 0 a 0,80 metros dada pela análise de fertilidade do solo realizada em laboratório. O valor de kvi refere-se à concentração de potássio na vinhaça, expressa em kg de K<sub>2</sub>O.m<sup>-3</sup>.

O valor de 3744 é a constante para transformar os resultados da análise de fertilidade, expressos em cmolc.dm<sup>-3</sup>, para kg de potássio em um volume de 01 (um) hectare, por 0,80 metros de profundidade.

Geração de dejetos suinícolas e a concentração de nutrientes são informações básicas para estabelecer a melhor forma de aproveitamento destes. Apesar do nitrogênio ser o elemento mais abundante na maioria das análises, boa parte deste é utilizado pelos microrganismos em seus processos metabólicos (Saléh, Zordan & Mendonça, 2008), além disso, este se encontra na forma de amônia, que se volatiliza com facilidade quando submetido a altas temperaturas (Melo, 2016). Portanto, verifica-se que o potássio ao final de todo o sistema, é o nutriente em maior concentração presente nos DLS.

Tendo em vista que tanto o dejetos suíno quanto a vinhaça têm como fator limitante para sua aplicação no solo o potássio e, assim, partindo-se desse pressuposto, realizou-se a adaptação da metodologia adotada pela CETESB para a aplicação de DLS, levando-se em consideração a capacidade de extração do elemento potássio pela cultura que, neste estudo, será calculado para a cultura de pastagem, a CTC do solo e a concentração de K presente nos DLS.

Estudos realizados por Melo (2016), ainda que determinadas culturas consigam subtrair potássio em camadas mais profundas, a sua disponibilidade é calculada através da camada arável, pois é nela que se encontra a maior atividade realizada pelas raízes das principais culturas comerciais. Logo, será considerada a profundidade de no máximo 0,40

m, profundidade esta, atingida pela estrutura radicular da cultura de pastagem, que neste estudo é a grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*).

Outro fator de suma importância é em relação à concentração de potássio no solo, que para região em estudo, solos do bioma Cerrado, recomenda-se que esta não exceda a 3% da Capacidade de Troca Catiônica, pois, segundo Ronquim (2010), os solos do Cerrado têm baixa CTC e alto grau de percolação de água, o que pode ocasionar facilmente a lixiviação dos nutrientes.

Por conseguinte, para transformar os resultados das análises de fertilidade expressos em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  para kg de potássio em volume de um hectare por 0,40 metros de profundidade, utiliza-se a constante de 2439,22. Essa constante é resultado da multiplicação da massa equivalente do potássio, pela densidade do solo adotada de  $1,56 \text{ kg}.\text{dm}^{-3}$  (Tabela 7), versus o volume de solo em 1 hectare com 0,40 m de profundidade, como demonstra a Equação 3.

$$0,3909(\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3} - g.\text{dm}^{-3}) \times 1,56(\text{Kg}.\text{dm}^{-3} - \text{Kg K ha}^{-1}) \times 10.000(\text{ha} - \text{m}^2) \times 0,40 \quad (3) \\ = 2439,22$$

**Tabela 7-** Densidade do Neossolo Quartzarênico Ótico Típico em pastagem.

Referências	Densidade do solo
Araújo et al (2009)	1,59 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$
Sales et al (2010)	1,52 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$
Carneiro et al (2013)	1,56 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$
Souza et al (2005)	1,60 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$
<b>Valor médio</b>	<b>1,56 <math>\text{kg}.\text{dm}^{-3}</math></b>

O teor de potássio no solo das granjas a profundidade de 20 - 40 cm é conhecido por Ks em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ .

O potássio extraído pela cultura expresso em kg por hectare, é denominado de kpc. Neste estudo,  $469 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$  é o valor de referência adotado, segundo estudos citado por Oliveira, Penati e Corsi (2008).

A concentração de potássio encontrado nos dejetos líquidos de suínos, resultante da média obtida nas análises durante as duas etapas são representadas pelo Kdls expresso em  $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ .

Assim, a metodologia adaptada para aplicação de DLS, no solo, fica da seguinte forma como apresenta a Equação 4.

$$m^3 \text{ de DLS } ha^{-1} = \frac{[(0,03 \times CTC - Ks) \times 2439,22 + Kpc]}{Kdls} \quad (4)$$

### 3.2.6 Dosagem para Nitrogênio

Dentre as variedades de nutrientes existentes no DLS, o nitrogênio (N) destaca-se como um dos principais, estando a sua proporção presente nos DLS inteiramente ligada às condições de armazenamento, ao complexo de criação e limpeza das instalações (Sánchez e González, 2005).

Para estimar a dosagem do elemento nitrogênio, determinou-se as parcelas do N que constituem o DLS. Em lagoas anaeróbicas verifica-se o acúmulo de N na forma de amônio do qual, a oxidação deste para a forma N nitrato é desconsiderada, uma vez que, depende da presença de O<sub>2</sub> (Stevenson, 1982). Desta forma, de acordo com Aita e Giacomini (2006) cerca de 40 – 70% do N encontra-se na forma amoniacal e, segundo Ceretta et al. (2003), o representativo de N na forma amoniacal nos DLS é de 50 – 60%, por isto, adotou-se o percentual médio para quantificar o N amoniacal presente no N total dos DLS de 55%.

Referindo-se a metodologia proposta por Matos (2017), a estimativa da dose para o elemento referencial nitrogênio se desenvolve através das formulações apresentadas na Equação 5 e 6.

$$N_{total} = N_{org} + N_{amon} + N_{nitrato} \quad (5)$$

$$D_{ar} = \frac{1000 \times [N_{abs} - (T_{m1} \times MO \times \rho_s \times p \times 10^7 \times 0,05 \times \frac{n}{12})]}{[T_{m2} \times \frac{n}{12} \times N_{org} + (N_{amoniacal} + N_{nitrato}) \times PR]} \quad (6)$$

Em que:

$D_{ar}$  = dose a ser aplicada ( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ );

$N_{abs}$  = absorção de N para obtenção da produtividade desejada ( $kg \cdot ha^{-1}$ );

$T_{m1}$  = taxa anual de mineralização da matéria orgânica já existente no solo;

MO = conteúdo de matéria orgânica do solo ( $kg \cdot kg^{-1}$ );

$\rho_s$  = massa específica do solo ( $t \cdot m^{-3}$ );

$p$  = profundidade do solo considerada (m);

$n$  = número de meses considerados do ano;

$T_{m2}$  = taxa de mineralização do  $N_{org}$ ;

$N_{total}$  = nitrogênio total ( $mg.L^{-1}$ );

$N_{org}$  = nitrogênio orgânico ( $mg.L^{-1}$ );

$N_{amon}$  = nitrogênio amoniacal ( $mg.L^{-1}$ );

$N_{nitrato}$  = nitrogênio nítrico ( $mg.L^{-1}$ );

PR = proporção na recuperação do  $N_{mineral}$  pela cultura ( $kg.kg^{-1}.ano^{-1}$ );

1000 = conversão de unidades ( $g.m^{-3}$ );

$10^7$  = conversão de unidades ( $kg.ha^{-1}$ );

0,05 = massa de N normalmente presente na MO do solo mineralizada ( $kg.kg^{-1}$ ).

A espécie forrageira utilizada em sistema intensivo, durante 12 meses do ano, possui elevada capacidade de extração de nutrientes do solo. De acordo com Oliveira, Penati e Corsi (2008), absorção de N para a cultura em estudo são  $388 kg.ha^{-1}$ . A proporção na recuperação do  $N_{mineral}$  para culturas anuais é de  $0,5 kg.kg^{-1}.ano^{-1}$ .

A taxa anual de mineralização da matéria orgânica já existente no solo correspondente é de  $0,01 kg.kg^{-1}.ano^{-1}$  (Matos, 2017). Ainda segundo o autor, a taxa de mineralização do  $N_{org}$ , neste estudo são os dejetos suínos, que corresponde a  $0,90 kg.kg^{-1}.ano^{-1}$ .

Por meio das análises físico-químicas do solo, foi determinado os valores médios equivalentes do teor de matéria orgânica presente nestes a profundidade de 0,40 cm.

### 3.3 Resultados e Discussões

#### 3.3.1 CTC do solo

A capacidade de troca catiônica (CTC), representa a quantidade total de cátions retidos na superfície do solo, influenciando na disponibilidade de nutrientes. Se grande parte da CTC do solo é ocupada por cátions essenciais como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , considera-se que esse é um solo bom para a nutrição das plantas, em contrapartida, se estiver ocupada por cátions potencialmente tóxicos como  $H^+$  e  $Al^{3+}$  este significará um solo pobre (Ronquim, 2010).

De acordo com a Tabela 8, os resultados da Análise de Variância apontaram que o (p-valor  $>0,05$ ), logo, não existe diferença entre as etapas realizadas, apresentando ainda, desvio padrão 0,71 e coeficiente de variação 16,61.

**Tabela 8-** ANOVA e Teste Tukey: CTC do solo ( $cmolc.dm^{-3}$ ) 1ª e 2ª etapa.

---

Variável CTC ( $cmolc.dm^{-3}$ )

---

Análise de variância		Delineamento		Inteiramente ao acaso	
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	2,07	2,07	4,13	0,0501
Resíduo	34	17,08	0,50		
Total	35	19,16			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		4,27			
Desvio-padrão		0,71			
Diferença mínima significativa		0,48			
Coeficiente de variação %		16,61			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos		médias	signif		
1ª etapa (maio)		4,51	a		
2ª etapa (novembro)		4,03	a		
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.					

Constatando pelo Teste Tukey, as médias dos tratamentos indicaram letras iguais, demonstrando que no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias. A redução da CTC do solo não é esperada, tendo em vista que a aplicação dos dejetos, promovem adição de carbono orgânico e com isso incremento no teor de matéria orgânica (Rhonden et al., 2017), a sua diminuição pode estar relacionada a alterações na quantidade da matéria orgânica e no pH.

Em estudos realizados por Carvalho (2018), ressalta-se que a utilização adequada dos DLS, propicia aumento no teor de matéria orgânica, favorecendo a infiltração da água da chuva e também elevam a CTC.

### 3.3.1.2 pH do solo

O potencial hidrogeniônico (pH) fornece informações sobre as condições químicas do solo. O pH do solo é uma indicação da concentração de íons  $H^+$  na solução do solo, que influi na disponibilidade de nutrientes (Teixeira et al., 2017).

Os resultados exibidos na Tabela 9, indicam que a concentração de pH no solo não divergiu entre as etapas realizadas em maio e novembro respectivamente, apresentando (p-valor >0,05).

**Tabela 9-** ANOVA e Test Tukey: pH do solo 1ª e 2ª etapa.

Análise de variância		Variável pH		Inteiramente ao acaso	
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	0,04	0,04	0,29	0,5907
Resíduo	33	4,28	0,13		
Total	34	4,31			

---

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

Média geral	5,17
Desvio-padrão	0,36
Coefficiente de variação %	6,97

Teste de Tukey a 5%

Tratamentos	Médias	Signif
2ª etapa (novembro)	5,20	a
1ª etapa (maio)	5,13	a

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

---

Os valores de pH demonstraram que não houve interferência dos tratamentos sobre eles, não apresentando diferenças significativas, conforme demonstra o Teste Tukey. Scherer et al., (2012), em um experimento de 12 anos de duração não observaram alteração do pH com a aplicação de DLS.

Em pesquisas realizadas, verificou-se o aumento do pH no solo com a aplicação de dejetos, creditando isso ao fato de ser grande a concentração de bicarbonato de sódio nestes, podendo ser usado como moderador da acidez do solo (Quilu et al. 2017; Silva 2018).

Smanhotto et al. (2010), constataram que os valores médios do pH do extrato aquoso do solo, foram maiores para a maior taxa de aplicação de dejetos, deferindo significativamente do testemunho. A magnitude do efeito do DLS nos constituintes da acidez do solo está relacionada também ao efeito tampão do solo e a dose aplicada, que geralmente, devem ser doses elevadas e sucessivas para serem observadas alterações significativas (Cassol et al., 2011; Condé et al. 2013).

Por outro lado (Cabral et al. 2011; Maggi et al., 2011), não observaram diferenças significativas nos valores de pH no percolado com aplicação de DLS. Nota-se que os valores médios realizados durante a 1ª e 2ª etapa, 5,13 e 5,20 respectivamente, estes mostraram-se superiores, numericamente, quando comparados com as amostras iniciais do solo 4,85 e 4,80 da amostra testemunha.

### 3.3.1.3 Potássio (K) no solo

Por desempenhar papel crucial na regulação do uso da água pela planta, o elemento potássio (K), em elevados níveis no solo pode comprometer a sua fertilidade acarretando o acúmulo de sais na sua estrutura (Pereira 2013; Arienzo et al., 2009).

A Análise de Variância constatou que o p-valor é maior que 0,05, implicando que não há diferença significativa entre os valores encontrados nos períodos estudados (maio e novembro) de acordo com a Tabela 10.

**Tabela 10-** ANOVA e Teste Tukey: Potássio do solo ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) 1ª e 2ª etapa.

Análise de variância		Variável K ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )			Inteiramente ao acaso	
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}	
Tratamentos	1	0,00	0,00	0,00	0,9505	
Resíduo	28	0,15	0,01			
Total	29	0,15				
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.						
Média geral		0,30				
Desvio-padrão		0,07				
Coeficiente de variação %		24,46				
Teste de Tukey a 5%						
Tratamentos	Médias	Signif				
1ª etapa(maio)	0,30	a				
2ª etapa (novembro)	0,30	a				
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.						

No tocante ao coeficiente de variação, atingiu 24,46%, apresentando média geral de 0,30 e um desvio padrão de 0,07. O resultado do teste Tukey denota homogeneidade entre os valores médios sendo identificados ambos pela letra “a”, ou seja, as médias calculadas não diferem estatisticamente. Considerado os valores médios encontrados na 1ª e 2ª etapa, estes mostraram-se superiores, numericamente, em relação à amostra testemunha com valores encontrados de  $0,05 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e  $0,17 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ .

Sobre os níveis de K, sua redução pode estar relacionada pela extração da cultura, tendo em vista que o K se encontra na forma mineral, logo, seu efeito residual é muito curto (Ceretta et al., 2003), como também, a lixiviação deste nutriente para faixas profundas do solo, em função de sua alta mobilidade (Silva et al., 2015). Dessa maneira, o aumento nos teores de potássio, após o período chuvoso, torna-se preocupante pela possibilidade de lixiviação e consequente contaminação das águas subterrâneas (Silva et al., 2007; Ucker et al., 2016).

### 3.3.1.4 Magnésio (Mg) no solo

O macronutriente magnésio (Mg), compõe a molécula de clorofila das plantas, fundamental para a fotossíntese e, em geral, solos arenosos, ácidos, lixiviados apresentam baixos teores de magnésio (Sengik, 2003).

Conforme resultados apresentados na Tabela 11, a ANOVA correspondente ao Mg, demonstra que há diferenças entre os valores, visto que o (p-valor < 0,05). O Teste Tukey inferiu letras diferentes, indicando que no nível de 5% de significância há diferença entre as médias.

**Tabela 11-** ANOVA e Teste Tukey: Magnésio do solo ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) 1ª e 2ª etapa.

Variável Mg ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )					
Análise de variância		Delineamento		Inteiramente ao acaso	
		o			
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	0,28	0,28	7,94	0,0080
Resíduo	34	1,22	0,04		
Total	35	1,50			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		0,62			
Desvio-padrão		0,19			
Diferença mínima significativa		0,13			
Coeficiente de variação %		30,42			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos	Médias	Signif			
1ª etapa (maio)	0,71	a			
2ª etapa (novembro)	0,53	b			
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.					

Usualmente, o Mg é adicionado na suplementação alimentar dos animais e, cerca de 70 a 95% são excretados (Perdomo & Cazzaré 2001; Bertoni, 2011), podendo conferir elevadas quantidades desse nutriente à medida que aplicado ao solo (Bernardes, 2017). Estudos realizados por Cabral et al. (2011), verificaram que a taxa de aplicação a  $99 \text{ mg. ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de dejetos elevou os teores de magnésio (Mg) no solo de  $243,1$  para  $449,7 \text{ mg L}^{-1}$ .

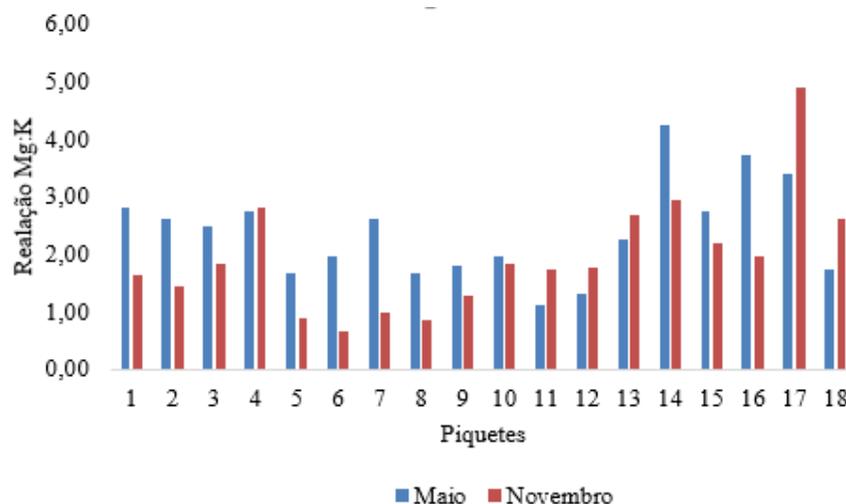
Aplicando DLS em solo cultivado com diferentes gramíneas forrageiras constatou-se que as concentrações de Mg eram maiores no início da campanha em comparação com o final, provavelmente relacionado a extração pela cultura (Queiroz et al. 2004, Rossini 2018).

Concernente aos valores médios observados entre as etapas, estes se mostraram superiores numericamente, em relação à amostra aos valores de  $1,40$  e  $1,60$  referentes a amostra testemunha.

#### 3.3.1.4.1 Relação Magnésio/Potássio (Mg/K)

A absorção dos nutrientes apresenta particularidades inerentes ao modo de interação com os demais íons apresentando-se favorável, quando auxilia na captação de outro íon (sinérgica) ou ainda, desfavorável, quando determinado íon inibe a absorção de outro na sua presença (Silva & Trevizam, 2015).

Em estudos realizados por Munbach et al. (2016), a disponibilidade de potássio no solo dispõe de estreita relação com outros elementos, sobretudo cálcio e magnésio. A Figura 10, demonstra a relação entre os elementos magnésio e potássio no solo em estudo.



**Figura 10-** Relação Magnésio/Potássio.

A deficiência de magnésio no solo pode estar relacionada a fatores como a acidez ou o excesso de adubação potássica. Silva e Trevizam (2015), verificaram que com concentrações elevadas de K no solo, pode incidir menor disponibilidade de Mg, pela interação antagônica entre eles. Além disso, solos com características arenosas, baixo pH e altos índices de lixiviação comprometem a disponibilidade de magnésio (Melo, 2016).

Sousa e Lobato (2004), salientam que a relação Mg/K indicada como adequada é de 5 - 15, dado que, resultados inferiores a 2 são considerados baixos, 2 a 4 médios e superior a 15 são altos. A relação entre os íons supracitados resulta em teores menores que 2 em 55% dos piquetes analisados. Deste modo, o excesso de DLS presente no solo dos piquetes pode estar relacionado aos resultados desmedido, portanto, a manutenção dos níveis dos Mg/K, são de suma importância para não ocorrer excesso de um elemento e inibição de outro.

### 3.3.1.5 Cobre (Cu) e Zinco (Zn) no solo

Os micronutrientes Cu e Zn, são considerados metais pesados, ainda que requeridos em baixas quantidades pelas plantas, a adubação com dejetos líquido suínos em solo na maioria das vezes, eleva os teores de cobre e zinco nas áreas (Penha 2011; Mattias et al., 2010; Fridrich et al., 2014). As altas concentrações de metais pesados no

meio ambiente denotam toxidez tanto para o ser humano quanto para animais, microrganismos e também para as plantas (Giroto, 2010).

Sobre o estudo da variável cobre, quando submetida ANOVA, considerando as etapas realizadas em maio e novembro constatou-se que há diferenças entre os valores médios tendo em vista que o p-valor encontrado foi inferior a 0,05 (Tabela 12), sendo portanto, indicado no Teste Tukey letras diferentes para as médias da 1ª etapa com 2ª etapa realizadas respectivamente em maio e novembro.

**Tabela 12-** ANOVA e Teste Tukey: Cobre do solo ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) 1ª e 2ª etapa.

Variável Cu ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )					
Análise de variância		Delineamento	Inteiramente ao acaso		
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	18,03	18,03	11,94	0,0015
Resíduo	34	51,34	1,51		
Total	35	69,38			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral			4,17		
Desvio-padrão			1,23		
Diferença mínima significativa			0,83		
Coeficiente de variação %			29,48		
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos		Médias	Signif		
2ª etapa (novembro)		4,88	a		
1ª etapa (maio)		3,46	b		
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.					

A aplicação contínua de DLS proporcionou um acúmulo nos teores de Cu no solo de 77,78 % em relação a 1ª etapa realizada em maio, para a 2ª etapa em novembro, do mesmo ano. Diante dos valores médios obtidos entre as etapas, estes indicaram ser superiores numericamente, quando confrontados com a amostra testemunha (4,00 e 3,30  $\text{mg.dm}^{-3}$ ).

Em estudos praticados em solos do Cerrado pôde-se inferir que, para valores de Cu presentes nestes acima de 0,8  $\text{mg.dm}^{-3}$  oferecem pouco retorno à adubação com esse nutriente (Sousa e Lobato 2004; Melo 2016).

Levando-se em consideração a Resolução CONAMA Nº 420/2009 e também a CETESB Nº 195/2005 que estabelecem os critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de substâncias químicas, transformando-se o teor médio do nutriente Cu obtendo o valor de 6,50  $\text{mg.kg}^{-1}$ , comparando-se este com

o valor orientador de prevenção de  $60 \text{ mg.kg}^{-1}$  este apresenta-se inferior, logo, atendendo também o valor de referência de qualidade  $35 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

O elemento químico zinco faz parte de suplemento dietético de rações e formulações de antibióticos, aumentando os riscos de contaminação ambiental (Scherer; & Baldissera, 1994). De acordo com os dados apresentados na Tabela 13 para o nutriente Zn, a ANOVA indica que estatisticamente, não há diferença ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), apresentando nos resultados do teste Tukey a letra “a” para os dois tratamentos.

**Tabela 13-** ANOVA e Teste Tukey: Zinco do solo ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) 1ª e 2ª etapa.

		Variável Zn ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )			
Análise de variância		Delimitamento		Inteiramente ao acaso	
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	1,26	1,26	1,25	0,2718
Resíduo	33	33,21	1,01		
Total	34	34,47			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		3,31			
Desvio-padrão		1,00			
Diferença mínima significativa		(x)			
Coeficiente de variação %		30,30			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos	Médias	Signif			
1ª etapa (maio)	3,49	a			
2ª etapa (novembro)	3,12	a			

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

A adição do DLS no solo proporcionou diminuição em relação ao nutriente Zn comparando com a etapa realizada em maio e em novembro, como observado na tabela acima. Solos arenosos, como no caso do Neossolo, apresentam limitada capacidade suporte para este resíduo pela sua baixa retenção dos metais presentes no material, quando comparados aos argilosos (Scherer et al., 2010).

Desta forma, os teores de Zn no solo superiores a  $1,5 \text{ mg.dm}^{-3}$  a adubação torna-se ineficiente, podendo gerar perdas por lixiviação ou acúmulo no solo (Embrapa, 2019). Ainda sobre o nutriente Zn, o valor médio destacado é de  $5,16 \text{ mg.kg}^{-1}$ , abaixo dos valores de referência de qualidade estabelecidos pela CETESB N° 195/2005 de  $86 \text{ mg.kg}^{-1}$  e também do valor orientador de prevenção de  $60 \text{ mg.kg}^{-1}$ , para referência de qualidade, atendendo também, ao valor de referência de prevenção orientador da Resolução CONAMA N° 420/2009 de  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Estudos realizados em quatro propriedades com doses DLS em culturas de milho (doses de  $83,33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $106 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) e pastagem (doses de  $78 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), evidenciaram o aumento nas concentrações de ambos micronutrientes Cu e Zn (Rhoden et al., 2017).

### 3.3.2.1 Nitrogênio (N) 1ª e 2ª etapa no DLS

O conhecimento das particularidades dos DLS possibilitam determinar diretrizes importantes para o estabelecimento de doses referenciais a serem aplicadas no solo (Barros, Martinez & Matos, 2011), visto que, a dose de aplicação do resíduo pode ser definida segundo a concentração do nutriente, encontrado em maior quantidade sendo geralmente o nitrogênio (Matos, Lemos & Barros, 2004). O Nitrogênio é considerado um elemento imprescindível para os ganhos na produção de forragens.

Os resultados da ANOVA e Teste Tukey nos DLS (Tabela 14), indicam que para esta variável não existem diferença significativa (p-valor > 5%).

**Tabela 14-** ANOVA e Teste Tukey: Nitrogênio (g.L<sup>-1</sup>) 1ª e 2ª etapa DLS.

Análise de variância	Variável Nitrogênio (g.L <sup>-1</sup> )				
	Delineamento	Inteiramente ao acaso			
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	9,52	9,52	2,97	0,1018
Resíduo	18	57,64	3,20		
Total	19	67,16			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		2,67			
Desvio-padrão		1,79			
Diferença mínima significativa		1,68			
Coeficiente de variação %		67,02			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos	Médias	Signif			
2ª etapa (novembro)	3,36	a			
1ª etapa (maio)	1,98	a			

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Segundo Rosa et al. (2017), o aumento de N é esperado, pois é um dos nutrientes que se encontra em maior concentração no DLS, além de ser o mais sujeito a transformações biológicas e perdas, seja na armazenagem ou no solo (Perdomo & Cazzaré, 2001). De acordo com Pereira Junior (2016), à medida que os DLS são empregados em demasia, ocorre a percolação dos nutrientes no perfil do solo, podendo gerar sobrecarga no mesmo e poluir os lençóis subterrâneos.

A Resolução CONAMA N° 420/2009 e também a CETESB N° 195/2005 o teor do nutriente N apresentou em 85% das etapas realizadas resultados superiores ao valor de 10.000 µg L<sup>-1</sup> recomendado pelas normas em relação a águas subterrâneas. Vale ressaltar que, as altas concentração deste nutriente presente no DLS, pode, a longo prazo, ser um potencial contaminante e poluente para a água superficial e subterrânea, (Bertoncini, 2011; Smanhotto et al., 2013 ), devido a lixiviação do nitrogênio atingindo camadas mais profundas do solo, onde o sistema radicular da cultura não consegue absorver.

### 3.3.2.2 Potássio (K) 1ª etapa e 2ª etapa DLS

O uso contínuo dos DLS em doses além da capacidade suporte das plantas, pode ocasionar a acumulação de potássio no solo que se converte em decréscimo na condutividade hidráulica dos solos (Arizeno et al., 2009).

Fazendo referência ao nutriente potássio, a Tabela 15 apresenta as deliberações da Análise de Variância, bem como, Teste Tukey para esta variável, apontando que (p-valor > 5%), conseqüentemente, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias indicando letras iguais.

**Tabela 15-** ANOVA e Teste Tukey: Potássio (g.L<sup>-1</sup>) 1ª e 2ª etapa DLS.

Potássio (g.L <sup>-1</sup> )						
Análise de variância		Delineam.	Inteiramente ao acaso			
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}	
Tratamentos	1	0,03	0,03	0,14	0,7081	
Resíduo	17	3,79	0,22			
Total	18	3,82				
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.						
Média geral		1,69				
Desvio-padrão		0,47				
Coeficiente de variação %		27,96				
Teste de Tukey a 5%						
Tratamentos	Médias	Signif				
2ª etapa (novembro)	1,73	a				
1ª etapa (maio)	1,64	a				
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.						

Estando presente na urina dos animais, o potássio é altamente solúvel em água e prontamente disponível no solo, pois em sua totalidade é encontrado na forma mineral (Carvalho, 2018).

Em estudos realizados por Dortzbach et al. (2009), os teores de potássio no solo foram influenciados pela adubação com dejetos suínos, aumentando as quantidades de K em relação à amostra controle. Desta forma, ao ser sobreposto em demasia, o K pode causar distúrbios fisiológicos com diminuição da produtividade e qualidade dos frutos, desequilíbrio nutricional e aumento da pressão osmótica (Teodoro, 2015).

### 3.3.2.3 Cobre (Cu) 1ª etapa e 2ª etapa do DLS

Em sistemas de adubação com dejetos líquidos suínos, o elemento cobre (Cu), desenvolve muitas funções no metabolismo dos animais, sendo fornecido na suplementação das rações, estima-se que 72 - 80% do Cu ingerido é eliminado via excreção dos animais (Jondreville, Revey & Dourmad, 2003). Sendo assim, a presença desse elemento em grandes concentrações nos DLS, juntamente com aplicações

excessivas pode ocasionar o acúmulo deste no solo transformando-o em uma fonte potencialmente poluidora (Giroto et al., 2010).

De acordo com a ANOVA e o Teste Tukey (Tabela 16), denota letras iguais indicando que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias, uma vez que,  $p\text{-valor} > 0,05$ .

**Tabela 16-** ANOVA e Teste Tukey: Cobre ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) 1ª e 2ª etapa DLS.

Análise de variância	Variável cobre ( $\text{mg.L}^{-1}$ )				
	Delineamento		Inteiramente ao acaso		
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	74,88	74,88	0,77	0,3929
Resíduo	18	1 759,16	97,73		
Total	19	1 834,05			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		23,57			
Desvio-padrão		9,89			
Diferença mínima significativa		9,29			
Coefficiente de variação %		41,95			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos	Médias	Signif			
1ª etapa (maio)	25,50	a			
2ª etapa (novembro)	21,63	a			
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.					

Em relação aos DLS aplicados ao solo, observando as médias do valores para maio  $25.500 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $21.630 \mu\text{g.L}^{-1}$  para novembro, tendo em vista a Resolução CONAMA N° 420/2009 e também a CETESB N° 195/2005, o teor do nutriente Cu apresenta-se superior em todas as etapas em relação ao valor de referência para águas subterrâneas de  $2.000 \mu\text{g L}^{-1}$ , a disposição intensiva de dejetos e as elevadas concentrações de Cu no dejetos, pode acarretar o acúmulo deste nutriente no solo, sendo pertinente o monitoramento de seus conteúdos ao longo do tempo.

### 3.3.2.4 Zinco (Zn) 1ª etapa e 2ª etapa do DLS

A quantidade excessiva de dejetos suínos produzidos, com alta concentração de metais pesados, como o zinco, pode vir a contaminar o solo, lençol freático entre outros riscos ambientais, visto que, a parcela absorvida desse nutriente pelos animais é mínima, e a quantidade a ser eliminada via dejetos está em torno de 92-98% do ingerido (Bonazzi et al., 1994; Giroto, 2007).

A ANOVA e o Teste Tukey para o elemento zinco, apresentaram, no nível de 5% de significância, diferença entre as médias da 1ª etapa para a 2ª etapa realizadas respectivamente, em maio e novembro, como apresenta a Tabela 17.

**Tabela 17-** ANOVA e Teste Tukey: Zinco (mg.L<sup>-1</sup>) 1ª e 2ª etapa DLS.

Análise de variância	Variável Zinco (mg.L <sup>-1</sup> )					
	GL	Delineam.	Inteiramente ao acaso	QM	F	Prob{>F}
Causas		SQ				
Tratamentos	1	19 329,90		19 329,90	11,65	0,0031
Resíduo	18	29 871,27		1 659,52		
Total	19	49 201,17				
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.						
Média geral		36,50				
Desvio-padrão		40,74				
Diferença mínima significativa		38,27				
Coeficiente de variação %		111,60				
Teste de Tukey a 5%						
Tratamentos		Médias	Signif			
1ª etapa (maio)		67,59	a			
2ª etapa (novembro)		5,41	b			
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.						

O alto valor do coeficiente de variação, pode ter ligação com o período de alojamento dos suínos, que coincidiu com a primeira etapa (maio), dado que, o Zn é acrescentado em altos níveis para a melhora do desempenho dos animais no período de crescimento, sendo sua concentração significativa menor na fase de terminação, coincidindo com a segunda etapa (novembro).

As aplicações em doses excessivas de DLS tendem a aumentar os teores de metais nas camadas superficiais, podendo ocasionar o deslocamento por escoamento superficial, provocando a contaminação de sedimentos e águas superficiais (Giroto, 2010).

Em 25% das análises realizadas o teor do nutriente Zn se apresenta superior a 1.800 µg L<sup>-1</sup> valor de referenciado pela norma da CETESB N° 195/2005 e, de acordo com a CONAMA N° 420/2009, em 50% mostrou-se superior para valores de investigação de águas subterrâneas 1.050 µg L<sup>-1</sup> indicando que há necessidade de investigação acerca deste, a longo prazo.

### 3.3.2.5 pH 1ª etapa e 2ª etapa DLS

No dejetto, o pH toma-se como parâmetro relevante, uma vez que, condiciona as reações químicas do meio. Além disso, estabilidade do pH dentro biodigestor é essencial para a efetuação das reações de metanogênese (Tonelli, 2014). Os resultados para a ANOVA indicam que, estatisticamente, para este parâmetro, não há diferença (Tabela 18).

**Tabela 18-** ANOVA e Teste Tukey: pH 1ª e 2ª etapa DLS.

Análise de variância	Variável pH	
	Delineam.	Inteiramente ao acaso

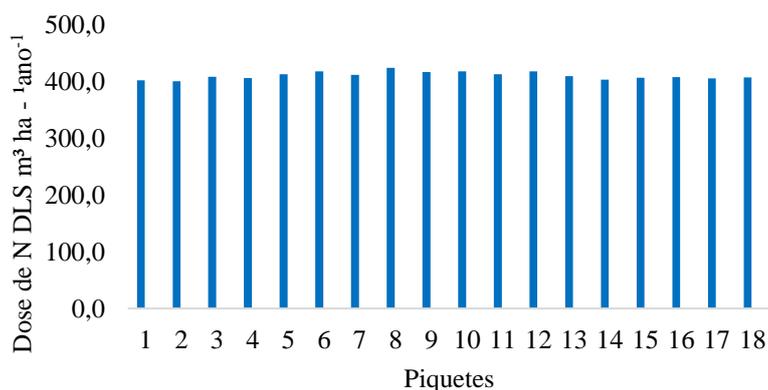
Causas	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Tratamentos	1	0,01	0,01	0,17	0,6815
Resíduo	18	1,05	0,06		
Total	19	1,06			
Nível de significância: **: 1%; *: 5%.					
Média geral		8,04			
Desvio-padrão		0,24			
Diferença mínima significativa		0,23			
Coefficiente de variação %		3,00			
Teste de Tukey a 5%					
Tratamentos		Médias	Signif		
2ª etapa (novembro)		8,07	a		
1ª etapa (maio)		8,02	a		
Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.					

Para a eficiente operação dos biodigestores, a faixa recomendada de pH é entre 6,0 e 8,0 (De Quadros et al. 2010). Assim sendo, verifica-se que os valores médios encontrados do potencial hidrogeniônico dos DLS manteve-se dentro da faixa recomendada pela literatura, apresentando 8,02 e 8,04 respectivamente, para as etapas de maio e novembro.

### 3.3.3 Dosagens de Nitrogênio (N) e Potássio (K)

Apesar de existir consenso do poder poluente dos DLS, pesquisas com aplicação do mesmo como fertilizante têm demonstrado que este pode ser utilizado como insumo para produção agropecuária.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 11, em relação ao elemento nitrogênio, observa-se uniformidade entre os piquetes e a quantidade de dejetos suíno ora aplicado.



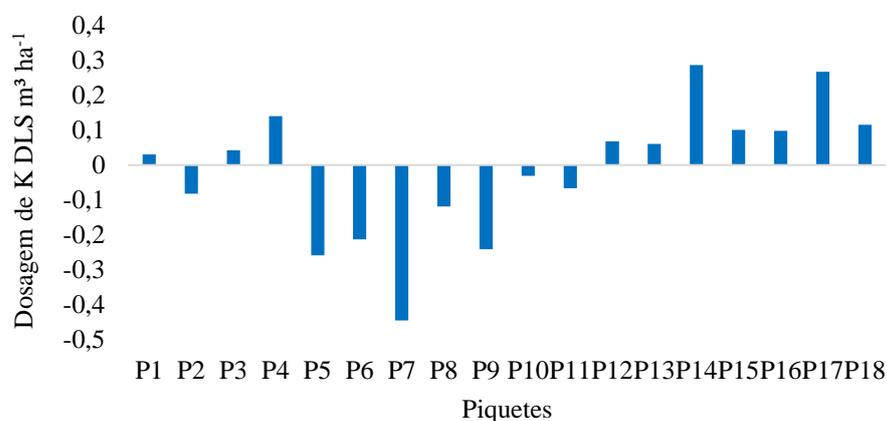
**Figura 11-** Quantidade de Nitrogênio a ser aplicada (m³.ha⁻¹.ano⁻¹).

A quantidade de nitrogênio no solo aumenta com a aplicação do dejetos, ressaltando o potencial deste material como fonte de N para as culturas, sendo que adição

consecutivas de DLS na mesma área resulta em aumento na disponibilidade de N (Castamann 2005, Serafim 2010).

A exigência em K pela cultura está ligada ao nível de produção que é determinado pelo suprimento de N no sistema (Freire et al., 2012). De acordo com Primavesi et al. (2006), a adubação potássica aumenta a eficiência do uso do N. Desse modo, a resposta da forrageira à adubação potássica é influenciada pelas doses de N, da mesma maneira como a capacidade do solo em suprir K (Coutinho et al., 2004).

Constatou-se que a utilização continuada com dejetos suínos em pastagens, em relação ao nutriente potássio (K), ultrapassaram a quantidade de K no solo (k presente no solo excede a 3% da CTC), que resulta em dosagens negativas em 45% dos piquetes analisados (Figura 12).



**Figura 12-** Quantidade de K de DLS a ser aplicada (m³.ha⁻¹).

Pesquisas desenvolvida por Serafim (2010), com aplicação de doses de 100, 200, 300 e 600 m³.ha⁻¹.ano⁻¹concluiu ser possível aumentar a produção anual de forragem utilizando DLS, no entanto, a menor dosagem (100 m³) contribui para a melhor eficiência de extração dos nutrientes pelo sistema radicular (Souza & Duarte 2014). Consoante com Cabral et al. (2011), em trabalhos realizados com diferentes dosagens de DLS em capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), atentaram para os tratamentos nos quais se aplicaram 750 e 600 m³.ha⁻¹, resultaram em menor produtividade de massa seca, menor crescimento, redução na quantidade extraída e, conseqüentemente, maior remanescente no solo

Medeiros et al. (2007), verificaram que a aplicação de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS são suficientes para substituir o uso de adubação mineral em uma pastagem de *Brachiaria brizantha*. Em pesquisas realizadas por Cardoso et al. (2015), capim-tifton 85, apresentou boas respostas de produtividades de matéria seca e matéria verde de pastagem a doses crescentes de DLS.

Silva et al., (2015) trabalhando com *Brachiaria decumbens* submetida a doses de 60 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, 120 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e 180 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> observaram que, não houve aumento de produtividade em função da quantidade de dejetos, considerando a menor dosagem de 60 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> mais adequada sob o ponto de vista ambiental. De acordo com Krajewski e Povaluk (2014), o volume máximo de dejetos suínos que pode ser lançado em áreas de lavoura no estado de Santa Catarina é de 50 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

De acordo com a CETESB (2015), em circunstâncias de áreas em que for verificado que a aplicação seja o motivo da ultrapassagem na concentração de qualquer elemento acima dos valores de prevenção, esta deverá ser suspensa (Melo, 2016).

As lâminas de DLS aos dois elementos referenciais com suas respectivas áreas (Tabela 19), simulam as doses para as atuais condições de campo da granja em estudo.

**Tabela 19-** Lâminas de DLS (mm ano<sup>-1</sup>) e suas respectivas áreas.

	Área (hectares)	Lâminas DLS N mm ano <sup>-1</sup>	Lâminas DLS K mm ano <sup>-1</sup>
P1	6,00	40,281	0,003
P2	6,48	40,086	-0,008
P3	3,66	40,899	0,004
P4	3,1	40,652	0,014
P5	8,38	41,359	-0,026
P6	3,39	41,831	-0,021
P7	4,00	41,246	-0,045
P8	4,52	42,493	-0,012
P9	2,13	41,718	-0,024
P10	2,18	41,854	-0,003
P11	1,99	41,356	-0,007
P12	2,99	41,879	0,007
P13	3,36	41,032	0,006
P14	3,18	40,387	0,029
P15	2,27	40,753	0,010
P16	2,52	40,839	0,010
P17	6,20	40,640	0,027
P18	3,65	40,808	0,012

As gramíneas apresentam elevada capacidade de absorção de Nitrogênio (N), em razão de possuírem um sistema radicular numeroso, o que se torna útil na reciclagem desse nutriente (Amado, Mielniczuk & Aita, 2002). No que diz respeito ao potássio (K), este pode restringir a resposta da produção de forrageiras principalmente em sistemas intensivos, de modo que, as dosagens inadequadas dos nutrientes podem atrapalhar a nutrição mineral das plantas (Freire et al., 2012; Bernardi & Rassini, 2008).

Embora tenha sido expresso em maior quantidade nas análises químicas dos dejetos, o elemento nitrogênio apresentou na ANOVA um coeficiente de variação elevado (67,02%) e valores médios de 1,98 (maio) e 3,361 (novembro), demonstrando ser bastante instável em um curto período tempo. Em contrapartida, o nutriente potássio indicou

coeficiente de variação menor de 27,96% e valores médios entre as etapas de 1,64 (maio) e 1,73 (novembro), provando ser mais estável que o nitrogênio.

Solos arenosos, com baixo teor de argila, retêm pequenas quantidades de cátions, isto faz com que os períodos e as doses de fertilizantes sejam fatores a serem observados ao se planejar a adubação (Lopes, 1998). Doses de nutrientes que ultrapassam o nível ótimo para o desenvolvimento das plantas deixam de ser benéficas, tornando-se potenciais de poluição (Seganfredo, Bissani & Sá, 2017).

Em vista das informações levantadas, recomenda-se que a dosagem seja realizada levando-se em consideração o elemento referencial presente no DLS, bem como, as características do solo e exigências da cultura para se ter uma correta ciclagem de nutrientes na área.

### **3.4 Conclusão**

Embora a aplicação de DLS forneça nutrientes essenciais para o desenvolvimento das culturas, é importante realizar análises mais constantes para se ter controle desses compostos no solo e também nas águas subterrâneas. Dado que, o mesmo apresenta desbalanceamento da concentração dos nutrientes, bem como, concentrações elevadas após vários tratamentos (biodigestores e lagoas de estabilização), por conseguinte, oportuniza a reposição com altas cargas de nutrientes inadequadas ao solo e às culturas. Desta forma, o descontrole em relação a aplicação do DLS para a manutenção da produtividade pode ocasionar desequilíbrios no solo em virtude do excesso de elementos, reforçando o fato de que a dosagem realizada na localidade não é efetuada de maneira adequada.

Constatou-se que a formulação da CETESB P 4.231/2015 demonstrou ser um mecanismo técnico pertinente para aplicação do DLS com base no elemento potássio (K) presente no DLS, visto que, este elemento é muito mais estável que o elemento nitrogênio (N).

Sendo assim, o monitoramento das características físicas, químicas do solo, bem como as propriedades dos dejetos são essenciais para evitar a degradação e contaminação do meio ambiente. Portanto, torna-se evidente a extrema importância da pesquisa em prol do desenvolvimento rural sustentável, da pecuária e do meio ambiente. Por isto, faz-se mister a proposição de um plano anual de gestão na aplicação dos DLS por granja para Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA).

### 3.5 Referências

- Aita, C., Port, O., & Giacomini, S. J. (2006). Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(5), 901-910. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000500016>
- Amado, T. J. C., Mielniczuk, J., & Aita, C. (2002). Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(1), 241-248. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832002000100025>.
- Arienzo, M., Christen, E. W., Quayle, W., & Kumar, A. (2009). A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2-3), 415-422. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.08.095>
- Araújo, E. O., Souza, K. M., Cremon, C., & Rosa, G. A. P. (2009). Atributos Físicos de um Neossolo Quartzarênico sob Pastagem de *Brachiaria humidicula* adubada. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2).
- Barros, F. M., Martinez, M. A., & Matos, A. T. (2011). Mineralização de nitrogênio em dejetos de suínos. *Enc. Biosf. Centro Científico Conhecer*, 7, 1.
- Bernardes, R. (2017). Água residuária de suínos em um sistema agroflorestral: atributos químicos e translocação de nutrientes no solo. Dissertação Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Solos, Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia -MG.
- Bernardi, A. D. C., & Rassini, J. (2008). Produção de matéria seca pelo capim-tanzânia em função de doses e relações de nitrogênio e potássio. In *Embrapa Pecuária Sudeste- Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 28.; reunião brasileira sobre micorrizas, 12.; simpósio brasileiro de microbiologia do solo, 10.; reunião brasileira de biologia do solo, 7., 2008, Londrina. FertBio 2008: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008.
- Bertoncini, E. I. (2011). Dejetos da suinocultura-desafios para o uso agrícola. *Pesquisa & Tecnologia, Campinas*, 8(2), 1-10.
- Boitt, G., Schmitt, D. E., Gatiboni, L. C., Wakelin, S. A., Black, A., Sacomori, W., & Condron, L. M. (2018). Fate of phosphorus applied to soil in pig slurry under cropping in SouthernBrazil. *Geoderma*, 321,164-72. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.010>
- Bonazzi, G., Cortellini, L., & Piccinini, S. (1994). Presenza di rame e zinco nei liquami suinicoli e rischio di contaminazione dei suoli. *Informatore Agrario*, 50, 55-55.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente Conama, Resolução nº. 420, de 28 de dezembro de 2009; Dispõe sobre Critérios e Valores Orientadores de Qualidade do Solo Quanto à Presença de Substâncias Químicas e Estabelece Diretrizes para o Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas por essas Substâncias em Decorrência de Atividades Antrópicas.

Cabral, J. R., Freitas, P. S. L. de, R., Muniz, A. S., & Bertonha, A. (2011). Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 823-831. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800009>

Cardoso, E., Gomes, E., Barboza, V., Dias, D., Deboleto, J., & Goes, R. (2015). Produtividade e Qualidade do Capim Tifton 85 Sob Doses de Dejeito Líquido de Suíno Tratado na Presença e Ausência de Irrigação. *Cadernos De Agroecologia*, 9(4). Recuperado de <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16795>

Carneiro, M. A. C., Souza, E. D. de, Paulino, H. B., Sales, L. E. de O., & Vilela, L. A. F. (2013). Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. *Bioscience Journal*, 29(6). Retrieved from <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22098>

Carvalho, J. P. F. D. (2018). Avaliação da composição química do solo, da produtividade e da composição bromatológica da forragem de *Cynodon dactylon* cv. vaquero submetida a doses crescentes de nitrogênio, aplicadas na forma de dejeito de suínos.

Cassol, P. C., da Silva, D. C. P., Ernani, P. R., Klauberg Filho, O., & Lucrécio, W. (2011). Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejeito suíno e adubo solúvel. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 10(2), 103-112.

Castamann, A. (2005). *Aplicação de dejetos líquidos de suínos na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo*.

Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. (2005) Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005). São Paulo, SP.

\_\_\_\_\_. Norma Técnica P 4.231/2015: Vinhaça – Critérios e procedimentos para a aplicação no solo agrícola. São Paulo, 2015.

Ceretta, C. A., Giroto, E., Lourenzi, C. R., Trentin, G., Vieira, R. C. B., & Brunetto, G. (2010). Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. *Agriculture, ecosystems & environment*, 139(4), 689-699. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.10.016>

Ceretta, C. A., Durigon, R., Basso, C. J., Barcellos, L. A. R., & Vieira, F. C. B. (2003). Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(6), 729-735. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>

Costa, K. A. P., Faquin, V., & Oliveira, I. P. (2010). Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*.

Coutinho, E. L. M., Silva, A. D., Monteiro, F. A., & Rodrigues, L. R. A. (2004). Adubação potássica em forrageiras. *Simpósio sobre manejo da pastagem*, 21, 219-277.

Condé, M. S., Almeida Neto, O. D., Homem, B. G. C., Ferreira, I. M., & Silva, M. D. (2013). Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo. *Revista Vértices*, 15(2), 161-178. Doi : 10.5935/1809-2667.20130024

Comissão de Química e Fertilidade do Solo-CQFS-RS/SC. (2016). Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul*.

De Quadros, D. G., Oliver, A. D. P., Regis, U., Valladares, R., de Souza, P. H., & Ferreira, E. D. J. (2010). Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 14(3).

Donagema, G. K., de Campos, D. B., Calderano, S. B., Teixeira, W. G., & Viana, J. M. (2011). Manual de métodos de análise de solo. *Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)*.

Dortzbach, D., Léis, C. M., Sartor, L. R., Comin, J. J., & Belli Filho, P. (2009). Acúmulo de Fósforo e Potássio em Solo Adubado com Dejetos Suínos Cultivado com Milho sob Sistema Plantio Direto. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2).

Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., dos ANJOS, L. H. C., de Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. *Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E)*.

Elia Neto, A., Shintaku, A., Pio, A. A. B., Conde, A. J., Giannetti, F., & Donzetti, J. L. (2010). Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética (Manual for Conservation and Water Reuse in Sugar-Ethanol Sugarcane Mills). Brasília, Brazil: ANA, FIESP, UNICA and CTC.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_20\\_237200483743.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_20_237200483743.html). Acesso em: 06 de agosto de 2019.

Fernandes, D. M., Costanzi, R. N., Feiden, A., Souza, S. N. M., & Kitamura, D. S. (2014). Processo de biodigestão anaeróbia em uma granja de suínos The anaerobic digestion process on a pig farm. *Ambiência*, 10(3), 741-754. Doi:10.5935/ambiencia.2014.03.07

Freire, F. M., Coelho, A., Viana, M., & da Silva, E. A. (2012). Adubação nitrogenada e potássica em sistemas de produção intensiva de pastagens. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Fridrich, B., Krčmar, D., Dalmacija, B., Molnar, J., Pešić, V., Kragulj, M., & Varga, N. (2014). Impact of wastewater from pig farm lagoons on the quality of local groundwater. *Agricultural Water Management*, 135, 40-53. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.014>

Giroto, E., Ceretta, C. A., Brunetto, G., Santos, D. R. dos, Silva, L. S. da, Lourenzi, C. R., Lorensini, F., Vieira, R. C. B., & Schmatz, R. (2010). Acúmulo e formas de cobre e

zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(3), 955-965. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300037>

Giroto, E. (2007). Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos. (2007). Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria-RS.

Herrmann, D. da R., Sampaio, S. C., Castaldelli, A. P., Tsutsumi, C. Y., & Prior, M. (2016). Associação de águas residuárias de suinocultura e adubação mineral na produção de aveia preta. *Engenharia Agrícola*, 36 (5), 799-810. <https://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p799-810/2016>

Instituto Nacional de Meteorologia.(2019). Dados Históricos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 14 Ago. 2018.

Jondreville, C., Revy, P. S., & Dourmad, J. Y. (2003). Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. *Livestock Production Science*, v. 84, n. 2, p. 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.09.011>

Krajeski, A., & Povaluk, M. (2014). Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos dejetos suínos. *Saúde e Meio Ambiente*, 3, 3-18. <https://doi.org/10.24302/sma.v3i1.415>

Lourenzi, C. R., Ceretta, C. A., Silva, L. S., Giroto, E., Lorensini, F., Tiecher, T. L., De Conti, L., Trentin, G., & Brunetto, G. (2013). Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(1), 157-167. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100016>

Lopes, A. S. (1998). Manual internacional de fertilidade do solo. *Piracicaba: Potafos*, 79-85.

Maggi, C. F., de Freitas, P. S., Sampaio, S. C., & Dieter, J. (2011). Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 15(2).

Matos, A. T., Lemos, A. F., & Barros, F. M. (2004). Mobilidade de nitrato em solos de rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial. *Engenharia na Agricultura*, 12(1), 57-65.

Mattias, J. L., Ceretta, C. A., Nesi, C. N., Giroto, E., Trentin, E. E., Lourenzi, C. R. & Vieira, R. C. B. (2010). Cobre, zinco e manganês em solos de duas microbacias de Santa Catarina com uso intensivo de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34 (4), 1445-1454. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400040>

Matos, A. D., & Matos, M. D. (2017). Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos. *UFV*.

Medeiros, L. T., Rezende, A. V., Vieira, P. F., Cunha Neto, F. R., Valeriano, A. R., Casali, A. O., & Gastaldello Junior, A. L. (2007). Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(2), 309-318. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000200006>

Melo, S. P.R. (2016). Adaptação e verificação de uma equação na dosagem de dejetos líquidos de suínos para pastagem. Monografia, Engenharia Ambiental, Instituto Federal Goiano, Rio Verde - GO.

Menezes, J. F. S., Silva, B., M. P., Júnior, V. D. V., Lima, R., R., & Berti, C. L. F. (2018). Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. *Journal of neotropical agriculture*, 5(3), 55-59. doi: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.1645>

Mumbach, G. L., Gatiboni, L. C., de Bona, F. D., Schmitt, D. E., & BONFADA, E. (2016). Variação temporal de nitrogênio, fósforo e potássio em solo adubado com diferentes fertilizantes. In *Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 20., 2016, Foz do Iguaçu. O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água: anais. Curitiba: SBCS, NEPAR; Londrina: IAPAR, 2016. Sessão Fertilidade do solo e nutrição de plantas, p. 178-180.

Oliveira, P. P. A., Penati, M. A., & Corsi, M. (2008). Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite. *Embrapa Pecuária Sudeste-Documentos (INFOTECA-E)*.

Penha, H. G. V. (2011). Teores e coeficientes de distribuição de elementos-traço em latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos. Dissertação mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG.

Perdomo, C. C., & Cazzaré, M. (2001). Sistema Dalquim de tratamento de resíduos animais. *Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.

Pereira Junior, A. M. (2016). Uso de água residuária de suinocultura em sistema agroflorestal. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

Pereira, L. D. S. (2013). *Alguns impactos ambientais relacionados com a aplicação de chorume de suínos na agricultura. Caso de estudo com a cultura de milho (Zea Mays L.) no Brasil*. Tese de Doutorado, ISA/UTL.

Primavesi, A. C., Primavesi, O., Corrêa, L. de A., Silva, A. G., & Cantarella, H. (2006). Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(3), 562-568. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000300024>

Prior, M., Sampaio, S. C., Nóbrega, L. H. P., Dieter, J., & Costa, M. S. S. M. (2015). Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. *Engenharia Agrícola*, 35(4), 744-755. <https://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>

Qilu, C., Xueling, W., Hui, L., Yuhua, Z., & Qifa, Z. (2017). High-quality, ecologically sound remediation of acidic soil using bicarbonate-rich swine wastewater. *Scientific reports*, 7(1), 11911.

Queiroz, F. M. de., M, A. T. de., P, O. G., & Oliveira, R. A. de. (2004). Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, 34(5), 1487-1492. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500024>

Rhoden, A. C., Klein, V., Feldmann, N. A., Muhl, F. R., Balbinot, M., & Ritter, A. F. S. (2017). Parâmetros químicos do solo influenciados por aplicação de dejetos de suínos em áreas agrícolas do oeste catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos*, (2).

Ronquim, C. C. (2010). Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

Rosa, D. M.; Sampaio, S. C.; Pereira, P. A. M.; Mauli, M. M.; Reis, R. R. Swine wastewater: impacts on soil, plant, and leachate. (2017). *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, v. 37, n. 5, p. 928-939. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n5p928-939/2017>

Rossino, A. B. (2018). Alterações nos atributos químicos do solo após duas aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. Dissertação de Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.760>.

Sacomori, W., Cassol, P. C., Ernani, P. R., Miquelutti, D. J., Comin, J. J., & Gatiboni, L. C. (2016). Concentração de nutrientes na solução do subsolo de lavoura fertilizada com dejetos suíno. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15(3), 245-258. doi: 10.5965/223811711532016245

Sales, L. E. O., Carneiro, M. A. C., Severiano, E. da C., Oliveira, G. C., & Ferreira, M. M. (2010). Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3), 667-674. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000300020>

Saléh, B. B., Zordan, M. S., & Mendonça, A. (2008). Monitoramento da eficiência de remoção de nutrientes das lagoas de estabilização da granja escola fesurv. *Global Science and Technology*, 1(1).

Sánchez, M., & González, J. L. (2005). The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. *Bioresource technology*, 96(10), 1117-1123. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.10.002>

Scherer, E. E., Nesi, C. N., & Massotti, Z. (2010). Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa

Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1375-1383. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>

Scherer, E., & Baldissera, I. (1994). Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizante. *Dia de campo manejo e utilização de dejetos de suínos*.

Seganfredo, M. A. (2004). Dejetos animais—A dupla face benefícios e prejuízos. *Suinocultura Industrial*, 26(183), 14-16.

Seganfredo, M. A., & Bissani, C. A., & Sá, E. L. S. (2017). Formas de zinco no solo e seu uso como índices ambientais em áreas adubadas com dejetos animais. In Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 5., 2017, Foz do Iguaçu, Anais... Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2017. SIGERA. p. 380-383.

Sengik, E. S. (2003). Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. *Maringá: Nupel UEM*.

Serafim, R. S. (2010). Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105235>>.

Silva, A. D. A., Lana, Â. M., Lana, R. M., & Costa, A. M. (2015). Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. *Engenharia Agrícola*, 35(2), 254-265. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p254-265/2015>

Silva, M. A. A. P. A. (2018). Aplicação de água residuária de suinocultura após dois anos sucessivos em sistema agroflorestal. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.768>

Silva, M. A. S. da., Griebeler, N. P., & Borges, L. C. (2007). Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(1), 108-114. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100014>

Silva, M. D. S., & Trevizam, A. R. (2015). Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. *Informações agronômicas*, 49, 16p.

Smanhotto, A., Sampaio, S. C., Bosco, T. C. D., Prior, M., & Soncela, R. (2013). Nutrients behavior from the association pig slurry and chemical fertilizers on soybean crop. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(5), 723-733. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132013000500003>

Smanhotto, A., S. A. de P., Sampaio, S. C., Nóbrega, L. H. P., & Prior, M. (2010). Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. *Engenharia Agrícola*, 30(2), 347-357. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000200017>

Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1967). *Statistical methods*, 6th edn. Ames. *Iowa State College Press*, IA.

Sousa, D. D., & Lobato, E. (2004). Cerrado: correção do solo e adubação. *Planaltina: Embrapa Cerrados*.

Souza, E. D., Carneiro, M. A. C., & Paulino, H. B. (2005). Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(11), 1135-1139. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001100012>

Souza, W. J., & Duarte, S. N. (2014). *Água residuária e aplicações em áreas agrícolas*. Piracicaba- SP: FEALQ.

*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 23<sup>th</sup> ed. Washington.

Stevenson, F. J. (1982). Organic forms of soil nitrogen. *Nitrogen in agricultural soils*, (nitrogeninagrics), 67-122.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solo. *Brasília: Embrapa Solos*.

Teodoro, A. O. A. (2015). Atributos químicos dos solos influenciados pelo uso contínuo de dejetos de suínos. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal – Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde, UniRV – Campus Rio Verde, 2015.

Tonelli, R. T. A (2014). Avaliação de parâmetros físico-químicos de cama sobreposta de suínos tratada em biodigestor. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavaras-MG.

Ucker, F. E., De-Campos, A. B., Hernani, L. C., Macêdo, J. R. de., & Melo, A. da S. (2016). Movimentação vertical do íon potássio em Neossolos Quartzarênicos sob cultivo com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9), 1548-1556. <https://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900054>

Wang, W., Liang, T., Wang, L., Liu, Y., Wang, Y., & Zhang, C. (2013). The effects of fertilizer applications on runoff loss of phosphorus. *Environmental earth sciences*, 68(5), 1313-1319. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1829-2>

Yang, Y., Zhang, H., Qian, X., Duan, J., & Wang, G. (2017). Excessive application of pig manure increases the risk of P loss in calcic cinnamon soil in China. *Science of the Total Environment*, 609, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.149>

## TABELAS DE APÊNDICE DLS

Dejetos Líquido Suíno 1ª Campanha												
Ensaio Físico-Químico												
	pH	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Matéria Orgânica
	-	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	g/L
Resultados PONTO 01	8,13	0,7	0,05	1,8	0,4	5,3	0,81	32	65	49	72	991
Resultados PONTO 02	8,14	1,1	0,08	1,7	1,5	2,2	0,92	43	83	22	119	976
Resultado PONTO 03	8,12	0,7	0,1	1,8	1,8	3,3	0,74	44	92	25	120	996
Resultados PONTO 04	8,17	0,7	0,08	1,8	1,1	2,5	0,74	36	68	30	134	982
Resultados PONTO 05	7,07	3,9	0,1	2,3	1,9	2,2	1,1	35	70	35	150	976
Resultados PONTO 06	8,11	2,2	0,14	1,7	1,9	138	66	12	177	5,1	13,1	785
Resultados PONTO 07	8,11	2,2	0,05	1,3	1,3	146	71	11	200	7	14,6	656
Resultados PONTO 08	8,06	3,3	0,05	1,7	1,5	188	86	14	211	8	18	735
Resultados PONTO 09	8,14	2,8	0,05	1,7	2	176	90	16	221	11	18,1	745
Resultados PONTO 10	8,15	2,2	0,03	1,3	2,2	18	90	12	213	6,8	17,1	705

Dejetos Líquido Suíno 2ª Campanha												
Ensaio Físico-Químico												
	pH	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Matéria Orgânica
	-	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	g/L
Resultados PONTO 01	8,1	7	0,19	1	5,3	7,9	1	19,7	27,1	2,9	8,31	971
Resultados PONTO 02	8,11	7	0,19	1,3	4,7	7,9	1	19,9	39,1	3,9	7,82	971
Resultado PONTO 03	8,1	5,6	0,17	1,5	5,8	7,9	1	21,9	30,2	2,8	6,7	970
Resultados PONTO 04	7,95	2,1	3,9	2,7	7,62	7,9	1	25	28,3	3,2	5,8	937,9
Resultados PONTO 05	8	1,4	1,8	1,2	8,21	7,9	1	20,8	32,8	4,2	4,6	961,3
Resultados PONTO 06	7,98	2,1	5	1,2	5,73	7,9	1	18,8	31	3,9	4,3	958,5
Resultados PONTO 07	8,14	2,2	2,48	1,67	25	8,2	11	21	34	4,2	5,1	997,6
Resultados PONTO 08	8,09	1,7	2,4	2,5	17,2	7,1	0,8	20	28	4,8	3,6	999,9
Resultados PONTO 09	8,09	1,7	2,4	1,7	24,7	6,3	1,2	28	41	2,3	3,9	999,6
Resultados PONTO 10	8,09	2,8	2,12	2,5	23,8	5,9	1	21,2	34	3,3	4	998,4

## TABELAS DE APÊNDICE SOLOS

SOLOS 1ª Campanha														
Ensaio Físico-Químicos														
	pH	P	Al	K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S	H + Al	M.O.	CARBONO ORGANICO TOTAL	SOMA DE BASES (S)	Ca+Mg	C.T.C.
	-	mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	g/kg	g/kg	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>
AC 01	5,70	48,10	0,00	140,00	0,36	2,20	1,00	3,10	1,50	11,30	6,55	3,56	3,20	5,06
AC P2	5,60	7,10	0,00	120,00	0,31	1,00	0,80	3,50	1,40	11,30	6,55	2,11	1,80	3,51
AC P3	5,60	33,20	0,00	94,00	0,24	1,60	0,60	2,70	1,50	9,70	5,63	2,44	2,20	3,94
AC P4	5,60	144,90	0,00	86,00	0,22	1,60	0,60	3,90	1,40	10,50	6,09	2,42	2,20	3,82
AC P5	4,70	0,94	0,00	140,00	0,36	1,00	0,60	3,10	2,30	6,00	3,48	1,96	1,60	4,26
AC P6	4,80	29,50	0,00	120,00	0,31	1,20	0,60	5,00	2,00	5,20	3,02	2,11	1,80	4,11
AC P7	4,90	47,90	0,00	120,00	0,31	1,20	0,80	4,62	1,90	6,80	3,94	2,31	2,00	4,21
AC P8	4,90	18,30	0,00	140,00	0,36	1,40	0,60	3,48	1,80	5,20	3,02	2,36	2,00	4,16
AC P9	5,00	14,60	0,00	260,00	0,66	1,40	1,20	3,10	2,00	6,00	3,48	3,26	2,60	5,26
AC P10	5,10	28,00	0,00	120,00	0,31	1,00	0,60	3,50	1,70	6,00	3,48	1,91	1,60	3,61
AC P11	5,60	21,90	0,00	140,00	0,36	1,60	0,40	2,70	1,90	6,80	3,94	2,36	2,00	4,26
AC P12	4,90	9,90	0,00	120,00	0,31	0,80	0,40	4,20	2,20	6,80	3,94	1,51	1,20	3,71
AC P13	4,89	40,10	0,00	140,00	0,36	1,60	0,80	4,60	2,90	10,50	6,09	2,76	2,40	5,66
AC P14	5,14	90,40	0,00	92,00	0,23	1,20	1,00	6,15	2,40	11,30	6,55	2,43	2,20	4,83
AC P15	5,00	21,80	0,00	86,00	0,22	1,40	0,60	5,00	2,70	11,30	6,55	2,22	2,00	4,92
AC P16	5,06	39,00	0,00	84,00	0,21	1,40	0,80	3,48	2,80	10,50	6,09	2,41	2,20	5,21
AC P17	5,10	73,70	0,00	92,00	0,23	1,40	0,80	2,00	2,50	12,10	7,02	2,43	2,20	4,93
AC P18	4,82	48,00	0,10	136,00	0,35	1,60	0,60	4,20	3,10	11,30	6,55	2,55	2,20	5,65
TESTEMUNHO	4,85	21,80	0,10	20,00	0,05	1,40	0,60	3,90	3,00	11,30	6,55	2,05	2,00	5,05

SOLOS 1ª Campanha  
Ensaio Físico-Químicos

	SAT. BASES (V) %	SAT. ALUMINIO (m) %	B mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Ca:CTC %	Mg:CTC %	H + Al: CTC %	K:CTC %	Ca:Mg Relações	Ca:K Relações	Mg:K Relações
AC 01	70,34	0,00	0,20	2,50	84,00	9,30	3,10	840,00	20,00	140,00	43,50	19,77	29,66	7,06	2,20	6,16	2,80
AC P2	60,07	0,00	0,20	2,60	82,00	8,40	3,00	840,00	20,00	140,00	28,52	22,82	39,93	8,73	1,25	3,27	2,61
AC P3	61,93	0,00	0,30	2,30	76,00	7,60	2,30	840,00	20,00	140,00	40,61	15,23	38,07	6,08	2,67	6,68	2,50
AC P4	63,34	0,00	0,18	2,80	81,00	6,20	2,40	840,00	20,00	140,00	41,89	15,71	36,66	5,74	2,67	7,30	2,74
AC P5	45,97	0,00	0,15	3,20	64,00	7,30	4,20	880,00	20,00	100,00	23,49	14,09	54,03	8,39	1,67	2,80	1,68
AC P6	51,29	0,00	0,18	2,80	88,00	8,20	3,60	860,00	40,00	100,00	29,23	14,61	48,71	7,45	2,00	3,92	1,96
AC P7	54,83	0,00	0,23	3,40	79,00	9,20	2,80	880,00	20,00	100,00	28,53	19,02	45,17	7,28	1,50	3,92	2,61
AC P8	56,70	0,00	0,20	3,90	86,00	8,10	2,90	880,00	20,00	100,00	33,68	14,43	43,30	8,59	2,33	3,92	1,68
AC P9	62,00	0,00	0,18	4,10	58,00	6,10	3,30	820,00	20,00	160,00	26,60	22,80	38,00	12,60	1,17	2,11	1,81
AC P10	52,86	0,00	0,18	3,60	62,00	5,20	4,10	880,00	20,00	100,00	27,73	16,64	47,14	6,49	1,67	3,27	1,96
AC P11	55,37	0,00	0,15	3,80	72,00	7,10	3,60	900,00	20,00	80,00	37,59	9,40	44,63	8,39	4,00	4,48	1,12
AC P12	40,64	6,23	0,23	2,90	69,00	6,30	3,40	860,00	20,00	120,00	21,59	10,79	59,36	8,26	2,00	2,58	1,31
AC P13	48,74	0,00	0,12	3,60	70,00	6,10	4,60	890,00	30,00	80,00	28,28	14,14	51,26	6,31	2,00	4,48	2,24
AC P14	50,36	0,00	0,12	5,20	46,00	7,40	4,00	890,00	20,00	90,00	24,82	20,68	49,64	4,85	1,20	5,12	4,26
AC P15	45,11	0,00	0,15	4,60	64,00	5,90	2,80	850,00	50,00	100,00	28,46	12,20	54,89	4,46	2,33	6,38	2,74
AC P16	46,30	0,00	0,12	2,60	45,00	8,20	4,00	890,00	30,00	80,00	26,85	15,34	53,70	4,11	1,75	6,54	3,73
AC P17	49,34	0,00	0,10	4,60	51,00	6,10	4,00	890,00	20,00	90,00	28,37	16,21	50,66	4,75	1,75	5,97	3,41
AC P18	45,10	3,78	0,12	3,80	72,00	5,00	4,80	900,00	20,00	80,00	28,33	10,63	54,90	6,14	2,67	4,61	1,73
TESTEMUNHO	40,61	4,65	0,15	4,00	68,00	6,30	3,60	900,00	20,00	80,00	27,72	11,88	59,39	1,01	2,33	27,45	11,76

SOLOS 2ª Campanha														
Ensaio Físico-Químicos														
	pH	P	Al	K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S	H + Al	M.O.	CARBONO ORGANICO TOTAL	SOMA DE BASES (S)	Ca+Mg	C.T.C.
	-	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mgdm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mgdm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	g/kg	g/kg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
AC P1	5,00	90,00	0,00	96,00	0,24	1,20	0,40	2,30	1,70	9,60	5,57	1,84	1,60	3,54
AC P2	5,20	31,29	0,00	164,00	0,42	1,20	0,60	2,00	1,90	10,70	6,21	2,22	1,80	4,12
AC P3	5,40	6,24	0,00	128,00	0,33	1,60	0,60	2,30	1,70	7,70	4,47	2,53	2,20	4,23
AC P4	5,60	33,50	0,00	84,00	0,21	1,60	0,60	1,65	1,90	8,30	4,81	2,41	2,20	4,31
AC P5	5,00	61,70	0,00	260,00	0,66	1,40	0,60	1,15	2,10	8,80	5,10	2,66	2,00	4,76
AC P6	4,90	24,00	0,00	240,00	0,61	0,80	0,40	1,52	1,90	6,93	4,02	1,81	1,2	3,71
AC P7	5,00	4,24	0,00	400,00	1,02	1,80	1,00	1,52	2,50	8,64	5,01	3,82	2,80	6,32
AC P8	5,00	2,31	0,00	180,00	0,46	1,60	0,40	1,52	2,30	3,19	1,85	2,46	2,00	4,76
AC P9	5,2	76,80	0,00	124,00	0,32	1,40	0,40	0,58	1,10	6,77	3,93	2,12	1,80	3,22
AC P10	5,20	16,08	0,00	128,00	0,33	1,20	0,60	1,27	1,30	6,00	3,48	2,13	1,80	3,43
AC P11	5,30	72,70	0,00	136,00	0,35	1,40	0,60	1,27	1,10	8,02	4,65	2,35	2,00	3,45
AC P12	5,20	9,26	0,00	88,00	0,22	1,60	0,40	0,58	2,10	5,06	2,94	2,22	2,00	4,32
AC P13	5,50	54,10	0,00	88,00	0,22	1,30	0,60	1,27	1,50	6,15	3,57	2,22	2,00	3,72
AC P14	5,40	32,80	0,00	80,00	0,00	1,20	0,60	0,96	1,50	9,00	5,22	2,00	1,80	3,50
AC P15	5,70	30,19	0,00	108,00	0,28	1,60	0,60	0,58	1,20	6,93	4,02	2,48	2,20	3,68
AC P16	5,90	40,30	0,00	120,00	0,31	1,60	0,60	1,65	1,40	7,24	4,20	2,51	2,20	3,91
AC P17	4,20	12,15	0,40	16,00	0,04	1,40	0,20	0,96	2,20	6,77	3,93	1,64	1,60	3,84
AC P18	4,90	37,60	0,00	60,00	0,15	1,60	0,40	1,27	1,50	6,62	3,84	2,15	2,00	3,65
TESTEMUNHO	4,80	3,69	0,00	66,00	0,17	1,60	0,40	1,55	1,90	6,00	3,48	2,17	2,00	4,07

SOLOS 2ª Campanha  
Ensaio Físico-Químicos

	SAT. BASES (V) %	SAT. ALUMINIO (m) %	B mgdm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Ca:CTC %	Mg:CTC %	H + Al: CTC %	K:CTC %	Ca:Mg Relações	Ca:K Relações	Mg:K Relações
AC P1	52,04	0,00	0,45	4,65	68,00	9,30	1,80	830,00	20,00	150,00	33,85	11,28	47,96	6,91	3,00	4,90	1,63
AC P2	53,86	0,00	0,48	3,10	52,00	4,20	0,60	830,00	20,00	150,00	29,14	14,57	46,14	10,15	2,00	2,87	1,43
AC P3	59,78	0,00	0,51	5,12	51,00	8,40	2,10	830,00	20,00	150,00	37,86	14,20	40,22	7,72	2,67	4,90	1,84
AC P4	55,96	0,00	0,39	2,54	53,00	6,00	1,30	830,00	20,00	150,00	37,09	13,91	44,04	4,96	2,67	7,47	2,80
AC P5	55,91	0,00	0,29	5,60	48,00	9,33	4,10	880,00	20,00	100,00	29,39	12,60	44,09	13,92	2,33	2,11	0,90
AC P6	48,81	0,00	0,26	4,89	56,00	8,80	3,18	880,00	20,00	100,00	21,55	10,78	51,19	16,49	2,00	1,31	0,65
AC P7	60,44	0,00	0,18	5,90	61,00	7,12	4,10	880,00	20,00	100,00	28,48	15,82	39,56	16,14	1,80	1,76	0,98
AC P8	51,67	0,00	0,23	6,80	58,00	8,33	3,90	860,00	40,00	100,00	33,62	8,41	48,33	9,64	4,00	3,49	0,87
AC P9	65,80	0,00	0,39	6,20	48,00	7,60	4,10	880,00	20,00	100,00	43,53	12,44	34,20	9,83	3,50	4,43	1,27
AC P10	62,06	0,00	0,39	3,20	56,00	4,20	3,18	880,00	40,00	80,00	35,02	17,51	37,09	9,53	2,00	3,68	1,84
AC P11	68,09	0,00	0,23	6,90	61,00	6,80	4,10	820,00	60,00	120,00	40,62	17,41	31,91	10,06	2,33	4,04	1,73
AC P12	51,44	0,00	0,23	3,60	58,00	3,30	3,90	820,00	20,00	160,00	37,00	9,25	48,56	5,19	4,00	7,13	1,78
AC P13	59,73	0,00	0,18	7,10	48,00	11,30	4,60	880,00	40,00	80,00	37,59	16,11	40,27	6,03	2,33	6,24	2,67
AC P14	57,19	0,00	0,15	4,30	52,00	5,10	1,10	880,00	20,00	100,00	34,25	17,12	42,81	5,82	2,00	5,88	2,94
AC P15	67,35	0,00	0,03	6,30	36,00	10,60	4,80	860,00	40,00	100,00	43,53	16,32	32,65	7,49	2,67	5,81	2,18
AC P16	64,16	0,00	0,09	3,20	40,00	3,60	1,30	880,00	40,00	80,00	40,96	15,36	35,84	7,83	2,67	5,23	1,96
AC P17	42,72	19,60	0,01	2,69	72,00	5,30	3,10	880,00	20,00	100,00	36,45	5,21	57,28	1,06	7,00	34,31	4,90
AC P18	58,94	0,00	0,09	5,69	61,00	5,10	2,30	880,00	20,00	100,00	43,08	10,95	41,06	4,19	4,00	10,46	2,61
TESTEMUNHO	53,30	0,00	0,01	3,30	42,00	2,60	0,80	880,00	20,00	100,00	39,33	9,83	46,70	4,14	4,00	9,51	2,38