

MARIZANE PIETROSKI

USO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS E DECLIVIDADES

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Cassol
Coorientador: Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt

**Lages- SC
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Pietroski, Marizane

Uso de dejetos líquidos de suínos para produção de forragem em solos com diferentes texturas e declividades / Marizane Pietroski. -- 2019.

98 p.

Orientador: Luciano Colpo Gatiboni

Coorientador: Paulo Cesar Cassol

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo, Lages, 2019.

1. Adubação orgânica. 2. Declividade. 3. Extração de nutrientes. 4. Fracionamento de Fósforo. I. Gatiboni, Luciano Colpo. II. Cassol, Paulo Cesar. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo. IV. Título.

MARIZANE PIETROSKI

**USO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM
EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS E DECLIVIDADES**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Banca examinadora:

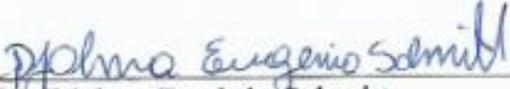
Orientador:


Professor Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:


Professor Dr. Evandro Luiz Schoninger
Universidade do Estado de Mato Grosso

Membro:


Professor Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos que me querem bem, dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meu pai Alexandre Pietroski, mãe Cleide Ana Pietroski, irmãs Marivane Pietroski e Maritane Pietroski, que mesmo não compreendendo a minha necessidade de estar longe prestaram apoio nestes dois anos de trabalho.

A meu namorado Pablo Eduardo Gotardo, pelo apoio, paciência, compreensão e carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni pela receptividade desde minha chegada, ensinamentos, e disponibilidade para atender e orientar.

Aos colegas e amigos do LQFS e GEFOSC, pelo apoio e ajuda nos momentos de trabalho, pela companhia nos horários de estresse, gargalhadas, cantorias e conversas diversas que proporcionaram altas histórias.

A meu orientador de IC no período da graduação Gustavo Caione, que sempre incentivou e acreditou que tudo isto seria possível.

A minha segunda família que conquistei aqui em Lages, não seria uma família de sangue, mas é como se fosse. Por serem muitos não irei citar um a um, mas saibam que sempre serão lembrados e estão guardados em meu coração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, professores e técnicos pela oportunidade e ensinamentos.

RESUMO

PIETROSKI, Marizane. **Uso de dejetos líquidos de suínos para produção de forragem em solos com diferentes texturas e declividades**. 2019. 98p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2019.

A produção de suínos no estado Santa Catarina é a maior do país, mas tem como consequência a geração de grande quantidade de dejetos líquidos de suínos (DLS). Estes por sua vez são utilizados como fertilizantes nas propriedades rurais da região, no entanto, estas mesmas propriedades estão inseridas em solos com diferentes teores de argila com diferentes níveis de declividade. Assim objetivou-se avaliar os efeitos da declividade do terreno e de doses de DLS no rendimento de Tifton 85 e azevém, atributos químicos do solo e na dinâmica de P no solo. Foram conduzidos dois experimentos a campo, sendo um em Rio do Sul (SC) em um solo com 22,5% de argila e outro em Campos Novos (SC) em um solo com 64,3% de argila. Nesses locais foram selecionadas áreas com diferentes declividades, sendo 15, 25 e 35% no primeiro local e 10, 20 e 30% no segundo local. Os experimentos foram cultivados com Tifton 85 e azevém em parcelas de 4,25 m², dispostas em delineamento em blocos ao acaso, em faixas de declividade, com três repetições. As doses totais de DLS aplicadas no primeiro ano de 2017 foram, 0, 33, 66 e 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS, e no segundo ano de 2018 foram aplicados 0, 29, 58 a 116 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS. Nestes dois anos foram avaliadas a produção de matéria seca e a exportação de nutrientes pela parte aérea. Após o ano de 2017 com sucessivas aplicações de DLS, foram feitas as coletas de solo e avaliado os atributos químicos do solo e o fracionamento químico do P em amostras na camada de 0,0 a 0,10 e 0,10 a 0,20m. O cultivo de pastagem em um Cambissolo Háplico apresenta respostas positivas sob aplicação de DLS na sua produção e qualidade nutricional da pastagem. Em situação de altos níveis de declividades sob doses altas de DLS, ocorre menor produção de MS e menor acúmulo de N, P, Ca e Mg nos primeiros anos de cultivo. No Nitossolo Vermelho, há resposta a aplicação de DLS, no entanto, para declividades é ainda necessário maior tempo de pesquisa. Aplicações de doses de DLS proporcionam poucas alterações nos atributos químicos do solo no Cambissolo, no entanto, para o Nitossolo há efeito principalmente nas primeiras camadas do solo. A aplicação de DLS associada a declividade apresenta acúmulo de frações de P distintas no Cambissolo Háplico, tendo menores valores na maior declividade em ambas camadas de solo avaliadas. Para o Nitossolo Vermelho há alto incremento de frações de P inorgânicas com aplicação de DLS, já para declividades é necessário maior tempo de avaliação. Solos com menores teores de argila apresentam maior capacidade de movimentação de P no perfil do solo.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Declividade. Extração de nutrientes. Fracionamento de fósforo.

ABSTRACT

PIETROSKI, Marizane. **Use of Pig Slurry for forage production in soils with different textures and slopes**. 2019. 98p. Dissertation (Master in Soil Science). Area: Fertility and Soil Chemistry. Santa Catarina State University – Agronomy and Veterinary Sciences Center, Lages, 2019

Santa Catarina is the largest Pork producer of Brazil, and as a consequence has a large production of Pig Slurry (PS). This waste is used as fertilizers by farmers. However there are a great diversity regarding soil types, especially texture, and soil slopes. So, it is needed to study these variables to infer about the best management of PS as fertilizers for plants. The objective of this study was to evaluate the effects of three soil slope intensities and PS rates on i) the yield of a Tifton 85 plus ryegrass pasture; ii) soil chemical attributes and soil P forms. Two experiments were conducted in the field, one in Rio do Sul (SC) in a soil with 22.5% of clay and another in Campos Novos (SC) in a soil with 64.3% of clay. At these sites, areas with different slopes were selected, being 15, 25 and 35% at the first site and 10, 20 and 30% at the second site. The experiments were cultivated with Tifton 85 and ryegrass in plots of 4.25 m², arranged in a randomized block design, arranged in slope bands, with three replications. The total rates of PS applied in 2017 were 0, 33, 66 and 132 m³ ha⁻¹ year⁻¹ of PS, and in the second year (2018) it were applied 0, 29, 58 to 116 m³ ha⁻¹ of PS. During these two years, dry matter production and nutrient exportation were evaluated in the forrage. In 2017, after many PS applied on the soils, soil samples were collected from the 0.0 to 0.10 and 0.10 to 0.20 m layers and the chemical attributes and phosphorus (P) fractionation were performed. Forrage yield presented a positive response to PS rates. At the steep slopes and higher PS rates it was observed lower production of dry matter and lower levels of N, P, Ca and Mg. In the Nitisol, there is response to PS rates, however, regarding to slope effect, further research is required. PS rates provoked few changes in the chemical attributes in the Cambisol; however, for Nitisol there was effect mainly in the first layer. The use of PS rates in different slopes resulted in accumulation of P in distinct fractions of the Cambisol, presenting lower values in the steep slope in both layers of the soil. In the Nitisol there was an increment of inorganic P fractions with PS application. However, regarding to slope, longer research is required. Sandy soils are more likely to P transfer downwards in the soil profile.

Keywords: Organic fertilizer. Slope. Nutrient extraction. Fractionation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Dez/2017, Ituporanga (SC). 28
- Figura 2- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Nov/2018, Ituporanga (SC). 28
- Figura 3- Precipitação total mensal(mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Dez/2017, Campos Novos (SC). 30
- Figura 4- Precipitação total mensal(mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Nov/2018, Campos Novos (SC). 30
- Figura 5- Produção de matéria seca no ano de 2017, sob aplicação de doses de DLS em diferentes declividades no experimento I, Rio do Sul (SC). 36
- Figura 6- Acúmulo de P (a) e acúmulo de N (b) na forragem no ano de 2017, sob a aplicação de doses de N e P na forma de DLS em diferentes declividades no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 38
- Figura 7- Acúmulo de Ca (a) e acúmulo de Mg (b) na forragem no ano de 2017, sob a aplicação de doses de Ca e Mg na forma de DLS em diferentes declividades no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 39
- Figura 8- Acúmulo de K na forragem no ano de 2017 sob doses de K na forma de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b), em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 40
- Figura 9- Balanço de entrada de nutrientes via DLS e saída via extração de tifton 85 e azevém para o ano de 2017 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC) 41
- Figura 10- Produção de Matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 42
- Figura 11- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 43
- Figura 12- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 43
- Figura 13- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 44
- Figura 14- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 45

Figura 15- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).	46
Figura 16- Balanço de entrada de nutrientes via DLS e saída via extração de tifton 85 e azevém para o ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).....	47
Figura 17- Produção de matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) para o ano de 2017, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	48
Figura 18- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS e efeito de diferentes declividades no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).....	49
Figura 19- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	50
Figura 20- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	50
Figura 21- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	51
Figura 22- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	52
Figura 23- Balanço de entrada via doses DLS e saída de nutrientes via extração por tifton 85 e azevém no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	53
Figura 24- Produção de matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	54
Figura 25- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 no Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	54
Figura 26- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	55
Figura 27- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	56
Figura 28- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).	57

- Figura 29- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). ... 57
- Figura 30- Balanço de entrada via doses DLS e saída de nutrientes via extração por tifton 85 e azevém no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 58
- Figura 31- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Dez/2017, Ituporanga (SC). 62
- Figura 32- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Dez/2017, Campos Novos (SC). 63
- Figura 33- Caracterização química inicial das frações de P do solo em mg kg^{-1} , na camada de 0,00 a 0,10 m no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 67
- Figura 34- Caracterização química inicial das frações de P do solo em mg kg^{-1} , na camada de 0,00 a 0,10 m no Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 68
- Figura 35- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), e em diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 75
- Figura 36- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 78
- Figura 37- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 81
- Figura 38 - Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 83

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995)..... 29
- Tabela 2- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995)..... 31
- Tabela 3- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2017..... 32
- Tabela 4- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2017. 32
- Tabela 5- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2018..... 33
- Tabela 6- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2018. 33
- Tabela 7- Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85 e azevém, para ambos os experimentos no ano de 2017. 34
- Tabela 8- Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85 e azevém, para ambos os experimentos no ano de 2018. 35
- Tabela 9- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995)..... 63
- Tabela 10- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995)..... 64
- Tabela 11- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2017..... 66
- Tabela 12- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2017. 66
- Tabela 13- Parâmetros químicos do solo na camada 0-10 coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).... 68

Tabela 14- Parâmetros químicos do solo na camada 10-20 coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). ... 70

Tabela 15- Parâmetros químicos do solo na camada 0- 10 coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).71

Tabela 16- Parâmetros químicos do solo na camada 0,10- 0,20 m sob diferentes declividades com aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 73

Tabela 17- Teores de fósforo inorgânico, em mg kg^{-1} , na fração RTA no solo submetido a diferentes declividades, coletadas na camada de 0,0 – 0,10 m, após aplicações de doses de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 76

Tabela 18- Frações de fósforo moderadamente lábeis, em mg kg^{-1} , sob diferentes declividades, coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC),..... 76

Tabela 19- P residual do solo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico I, Rio do Sul (SC)..... 78

Tabela 20- Frações de fósforo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).. 79

Tabela 21- Fração P_i NaOH 0,1 do solo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 – 0,20 m, após aplicações de DLS no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC). 80

Tabela 22- Frações de fósforo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, após aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 82

Tabela 23- Frações de fósforo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, após aplicações de DLS Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC). 84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	21
2 OBJETIVO	23
3 CAPITULO I- PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PASTAGEM EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS, DECLIVIDADES E DOSES DE DLS.	25
3.1 REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.3.1 Produção de forragem e exportação de nutrientes no Cambissolo Háplico ...	36
3.3.2 Produção de forragem e exportação de nutrientes no Nitossolo Vermelho ...	47
3.4 CONCLUSÕES	58
4. CAPITULO II- ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRACIONAMENTO DE FÓSFORO EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS E DECLIVIDADES SOB DOSES DE DLS.	59
4. 1 REFERENCIAL TEÓRICO	59
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	62
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.3.1 Atributos químicos do solo	68
4.3.2 Alterações nas frações de fósforo no solo.....	74
4.4 CONCLUSÕES	85
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICES	97

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estando em primeiro lugar na produção de carne suína, o estado de Santa Catarina participa com 27% da produção brasileira (ABPA, 2017). Mas, juntamente com a produção de carne a quantidade de resíduos produzida é grande, tendo valores médios de 7 a 8 litros de dejetos líquidos de suínos por dia (DLS dia⁻¹) para cada suíno, sendo usados como fertilizantes para as plantas, que é a alternativa de maior receptividade pelos agricultores (DIESEL et al., 2002).

O DLS apresenta em sua composição matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e outros elementos incluídos nas dietas dos animais. No entanto, boa parte destes nutrientes não são aproveitados pelos animais monogástricos, que apresentam baixo percentual de absorção desses nutrientes (CUNHA, 2012).

Além do fato que o estado apresenta alta produção suinícola, o estado se destaca também por apresentar pequenas unidades de produção agropecuária. De acordo com dados da síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2014/2015 (CEPA, 2015), baseado em informações do Censo Agropecuário do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE de 2006, o número de estabelecimentos agropecuários com <20 ha totalizava 125.801 unidades, sendo 69.390 com <10 ha, de um total de 193.663 unidades. Ainda, as pequenas propriedades rurais, apresentam solos declivosos e susceptíveis à erosão hídrica.

Juntamente com a produção de suínos, para melhor eficiência da propriedade são utilizados o DLS para a adubação de pastagens e em alguns casos a produção de grãos. Devido a isso, tem se difundido a atividade da bovinocultura de leite, a qual pode ser viabilizada em pequenas propriedades, desde que com produção intensa de forragem. Assim, não é incomum essa atividade ocorrer aliada à suinocultura na propriedade rural.

A partir da alta produção de DLS no local e sua utilização como fertilizante em propriedades de pequeno porte, ocorrem, conseqüentemente, frequentes aplicações de DLS nas mesmas áreas. Portanto, além de nutrir as plantas, há conseqüências nos teores de nutrientes e suas frações no solo, podendo aumentar ao longo dos anos (GATIBONI et al., 2008; CERETTA et al., 2010; GIROTTO et al., 2010; BRUNETTO et al., 2012; LOURENZI et al., 2016). Além de nutrientes, a presença de DLS no solo pode promover alterações na acidez do solo ao longo do tempo (BRUNETTO et al., 2012).

A aplicação de DLS também representa adição de carbono ao solo que pode causar mudanças quantitativas e qualitativas na matéria orgânica do solo (MAFRA et al., 2015), promovendo assim melhoria no ambiente químico do solo para o crescimento de raízes, por causa do aumento da saturação por bases e da redução da saturação por Al (LOURENZI et al., 2011).

No entanto, com sucessivas aplicações começam a ocorrer acumulações de certos nutrientes que são aplicados em grande quantidade, pois, são quantidades extremamente superiores ao que é extraído pelas plantas. Dentre estes nutrientes, o P se destaca dentre os demais, com acúmulo mais pronunciado de P nas frações inorgânicas, com diferentes graus de energia de ligação (PAVINATO, 2009). Este acúmulo de P ocorre predominantemente em suas frações lábeis no solo, e assim, representa maior risco potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais (CERETTA et al., 2010).

Dentre os fatores que afetam as perdas de nutrientes, em especial o P, e rendimento das culturas, está a atuação da declividade. Desse modo, a inclinação do terreno (declive) é um fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo (COGO et al., 2003).

Portanto, existe uma relação significativa entre o rendimento e concentração de nutrientes com a topografia, sendo este um dos fatores que frequentemente afeta o rendimento. O conhecimento quantitativo dos fatores e interações que afetam o rendimento é essencial para o manejo específico da cultura do local (KUMHÁLOVÁ et al., 2011).

A partir disso, conhecendo as atividades realizadas pelos produtores no estado de Santa Catarina como relatado anteriormente, e sabendo do uso exagerado de DLS em locais que apresentam características topográficas não recomendadas, é relevante conhecer os efeitos na produção de pastagem, nos atributos químicos do solo e no fracionamento de P no solo dada a situação.

2 OBJETIVO

Avaliar os efeitos da declividade do terreno e de doses de DLS sobre a produtividade da pastagem de tifton 85 e azevém, bem como a exportação de nutrientes pela pastagem.

Identificar os efeitos da aplicação de DLS em diferentes níveis de declividades nos atributos químicos do solo e frações de P no solo em dois solos com texturas contrastantes.

3 CAPITULO I- PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PASTAGEM EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS, DECLIVIDADES E DOSES DE DLS.

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de carne suína apresenta grande relevância no setor econômico brasileiro, isto devido o Brasil ser o quarto maior produtor de carne suína do mundo, com uma produção de 3,725 mil toneladas em 2016, representando 3,36% da produção mundial, ficando atrás apenas da China, União Europeia e Estados Unidos. Nas regiões produtoras do Sul do Brasil, o rebanho suíno soma 19,9 milhões de cabeças, quase 50,12 % do total nacional, destacando-se Santa Catarina (SC) com 10,73 milhões de cabeças de suínos (CEPA, 2017).

A produção de carne suína no estado de Santa Catarina se destaca entre as atividades econômicas, tanto pelo número de animais criados, quanto pelo volume de dejetos líquido suíno (DLS) que cada suíno produz, que é, em média, de 7-8 litros de dejetos líquidos dia^{-1} ou 0,21 – 0,24 m^3 de dejetos por mês, sendo gerados nos locais de produção que são predominantemente intensivos e em pequenas propriedades (ALVES et al., 2017).

Juntamente com a atividade suinícola, a produção leiteira se destaca no estado de SC, devido principalmente as limitações topográficas e fundiárias da agricultura da região que exigem dos agricultores elevada criatividade para manter suas explorações competitivas e assegurar níveis de renda atrativos e por ser uma alternativa na redução de custos de produção (ASSMANN et al., 2009), além de estarem presentes principalmente em pequenas áreas da agricultura familiar (MOHEDANO et al., 2014). Além disso, a região sul do Brasil apresenta em si maior facilidade em utilização de pastagens para alimentação de bovinos de leite. Isto ocorre devido ao clima, que permite a utilização tanto de espécies forrageiras tropicais, subtropicais e temperadas, facilitando assim a adoção de sistemas de produção de forragem em altos níveis de produtividade o ano inteiro (SILVA et al., 2008).

Nos locais onde é disponibilizado, é comum a utilização do DLS como fonte de adubação nas pastagens. Isto é devido a concentração de nutrientes presentes no DLS, promovendo a melhoria da fertilidade do solo, e ainda o aumento do rendimento das culturas. Em média, o DLS nas condições sul brasileira, apresenta eficiência de liberação de 80% para o nitrogênio (N), 90% para fósforo (P) e 100% para potássio (K) (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

Dentre as pastagens cultivadas na região, o capim tifton 85 se destaca. Essa pastagem é do gênero *Cynodon*, descrito por Burton et al. (1993), na Coastal Plain Experiment Station (USDA - University of Georgia), a partir de uma introdução sul-africana (PI 290884) e do Tifton 68. Esta forrageira apresenta resultados positivos em produção e capacidade de crescimento sob cortes frequentes, podendo ser utilizado em regiões subtropicais e tropicais. A forragem produzida sob condições ideais de manejo e fertilização é de boa qualidade, promovendo bom desempenho animal na produção de leite e carne (MATOS et al., 2008). Porém, a introdução dessa gramínea requer uma atenção especial em relação à fertilidade do solo, devido ela apresentar maior exigência nutricional em relação as demais forrageiras cultivadas no Brasil (WERNER et al., 1996; COLUSSI et al., 2009), e em situação de produção de feno e ou silagem promove maior exportação de nutrientes, havendo necessidade de fertilização (COUTINHO et al., 2014). Dessa forma, a utilização de fertilizantes é fator preponderante para aumentar a produção de massa e a qualidade das forragens, principalmente em sistemas de produção intensivos, e portanto, necessitam de uma correspondente reposição para a manutenção de níveis elevados de produção (COLUSSI et al., 2009).

Para o Tifton, observa-se resposta a adubação nitrogenada chegando a valores de 27.782 e 15.745 kg ha⁻¹ de matéria seca em situação com e sem irrigação sob dose de 75 kg ha⁻¹ de N (SANCHES et al., 2017). O fornecimento de nitrogênio proporciona incrementos lineares na produção de massa (GOMES et al., 2015) e altera significativamente a composição bromatológica da forrageira (TAFFAREL et al., 2016), pois ocorre aumento dos teores de proteína bruta e maior digestibilidade da matéria seca (CECATO et al., 2004). A fertilização fosfatada é fundamental para o estabelecimento das pastagens em solos tropicais, por meio do desenvolvimento do sistema radicular das gramíneas, melhor vigor de rebrota, aumento do perfilhamento, produção de massa e persistência da pastagem no ecossistema (REZENDE et al., 2011).

A falta de adubação potássica também pode limitar o crescimento das pastagens pelos baixos teores disponíveis em solos tropicais e pelas funções fisiológicas que esse nutriente desempenha na planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), bem como, quando negligenciado, pode diminuir o potencial de resposta das forrageiras à adubação nitrogenada.

Apesar do Tifton 85 apresentar alto rendimento, em regiões de clima temperado no período do inverno esta forrageira apresenta baixo crescimento, ficam envelhecidas e crestadas por geadas, não suprindo as necessidades para manutenção do peso de animais (FLORES et al., 2008). A partir disso, são inseridos outros tipos de forrageiras no local para este período de clima frio, como no caso o azevém (*Lolium multiflorum* Lam). A mesma é altamente utilizada,

e pode ser cultivada isoladamente, ou em misturas com outras espécies gramíneas ou leguminosas. Apresenta alta produtividade e qualidade nutricional, além de proporcionar boa produção de sementes, capacidade de ressemeadura natural e resistência à doenças (CASSOL et al., 2011).

Para se ter uma pastagem produtiva é necessário que se tenha características ideais de solo presentes no local, como a localização, inclinação e a fertilidade (DODD et al., 2004). É claro que a topografia tem um efeito considerável sobre as propriedades do solo que são relevantes para a produção agrícola e que não pode ser negligenciada em um sistema de produção (KUMHÁLOVÁ et al. 2011). Através disso, Iqbal et al. (2005) relatam que a topografia tem um efeito sobre a variação espacial nas propriedades do solo, hidrologia subsuperficial e no rendimento das culturas.

A topografia pode influenciar significativamente o rendimento das culturas, ao passo que, uma melhor compreensão dos efeitos de parâmetros topográficos no rendimento da cultura é importante, especialmente para o manejo do solo em sítios específicos (SI; FARRELL, 2004).

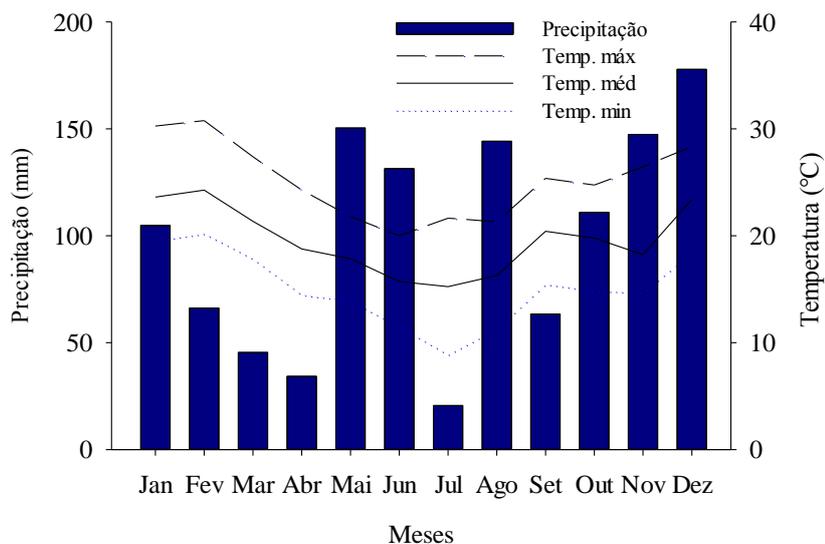
Considerando a necessidade de se entender o efeito de doses de DLS juntamente com o fator declividade na produção de pastagem, Bonfada (2017) estudou a fase de implantação da pastagem nos experimentos que compõem a presente dissertação, e demonstrou que há resposta de tifton 85 na produção de matéria seca quando submetido a doses de DLS, independentemente do tipo de solo. No entanto, observou que no Nitossolo Vermelho a produção de pastagem é inferior ao que é produzida no Cambissolo Háplico sob condições de doses de DLS, isto porque a fertilidade natural era maior no Nitossolo com incremento de produção menor com as doses de DLS. Além disso, já no primeiro ano de aplicação observa-se que o DLS apresenta desbalanço químico em sua composição em relação ao requerido pela pastagem, não sendo aplicadas quantidades necessárias de alguns nutrientes que serão extraídos pela pastagem, necessitando assim de adubação complementar. Para as declividades inseridas nos locais, o desempenho da pastagem é variável com a declividade, mas com comportamento distinto entre os dois solos estudados, carecendo ainda de avaliações complementares para estabelecer relações de causa-efeito para o comportamento observado.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, sendo o experimento I localizado na Região do Alto Vale do Rio Itajaí, no município de Rio do Sul (SC), na área experimental do Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus de Rio do Sul, que possui clima Cfa, segundo a

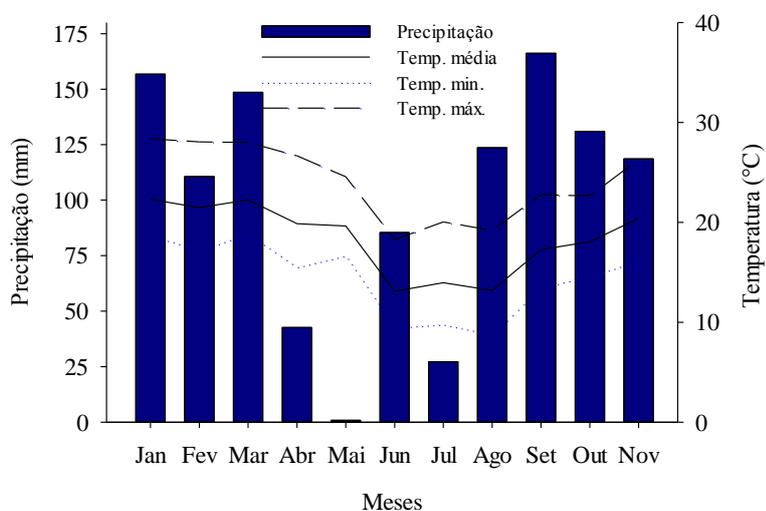
classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). Os dados meteorológicos do período de avaliação do experimento coletados na estação da EPAGRI/CIRAM do município de Ituporanga (SC) são apresentados na Figura 1 e 2 no período 01/jan a 31/dez/2017 e 01/jan a 30/nov/2018, respectivamente.

Figura 1- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Dez/2017, Ituporanga (SC).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 2- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Nov/2018, Ituporanga (SC).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 15, 25 e 35%, onde o solo do local é classificado como Cambissolo Háplico (CX) (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física consta na Tabela 1.

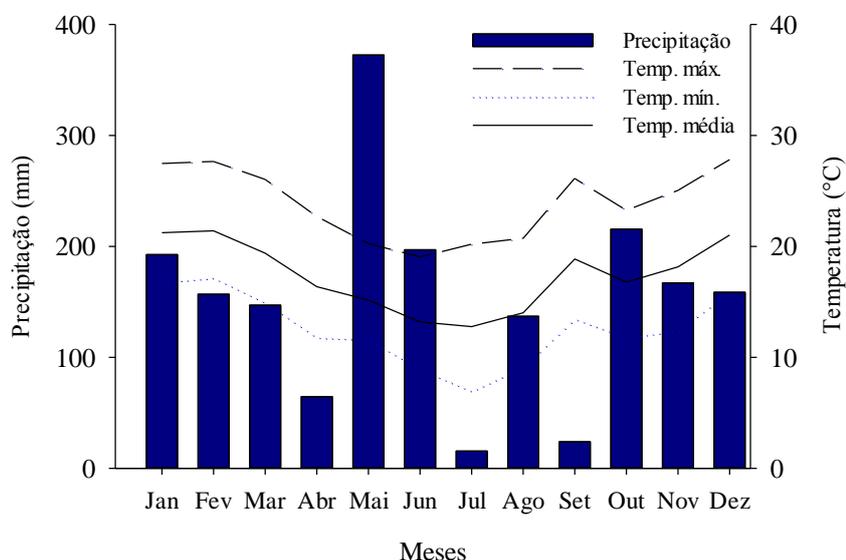
Tabela 1- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995).

Parâmetros	Declividades (%)			Média
	15	25	35	
Argila (%)	23,7	22,0	21,8	22,5
Silte (%)	43,0	41,9	47,3	44,1
Areia (%)	33,3	36,1	30,9	33,4
MO (%)	2,4	2,2	2,1	2,2
pH - H ₂ O	5,5	5,3	5,8	5,5
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,98	2,66	3,32	3,0
Mg (cmolc dm ⁻³)	3,48	2,76	2,85	3,0
Mn (mg dm ⁻³)	18,28	14,75	21,32	18,1
Al (cmolc dm ⁻³)	0,61	0,70	0,39	0,6
H + Al (cmolc dm ⁻³)	5,73	4,98	3,87	4,9
Índice SMP	5,8	5,9	6,2	5,9
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	3,51	3,49	2,92	3,3
K (mg dm ⁻³)	70	66	55	63,8
m (cmolc dm ⁻³)	9,02	11,54	6,40	9,0
V (%)	53,88	52,84	62,14	56,3
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	7,25	6,29	6,70	6,7
CTC pH7,0 (cmolc dm ⁻³)	12,37	10,56	10,19	11,0

Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

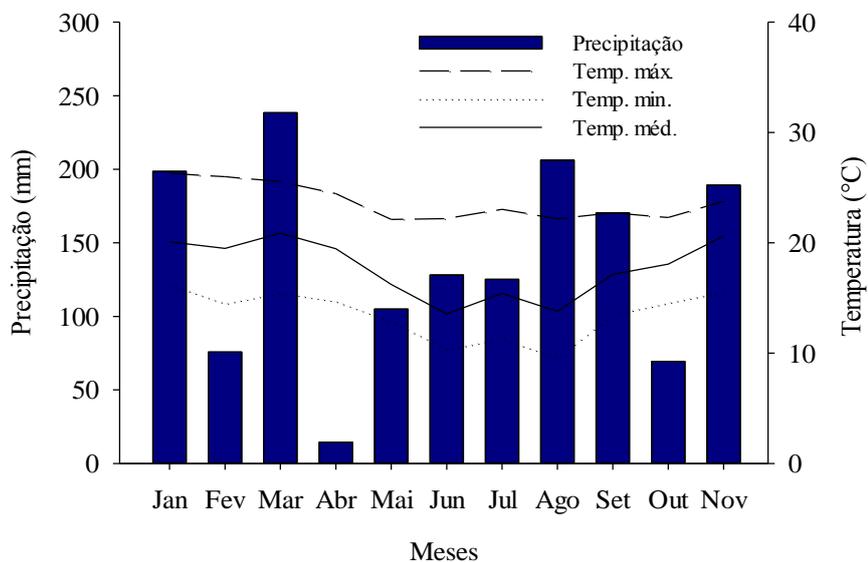
O Experimento II foi conduzido na Região do Vale do Contestado e Planalto Central, no município de Campos Novos (SC), na área experimental do campus da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), que possui clima Cfb, segundo classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). Os dados meteorológicos do período de avaliação do experimento coletados na estação da EPAGRI/CIRAM do município de Campos Novos (SC) são apresentados na Figura 3 e 4 no período 01/jan a 31/dez/2017 e 01/jan a 30/nov/2018, respectivamente.

Figura 3- Precipitação total mensal(mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Dez/2017, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 4- Precipitação total mensal(mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) para o período de Jan-Nov/2018, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 10, 20 e 30%, onde o solo é classificado como Nitossolo Vermelho (NV) (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995).

Parâmetros	Declividades (%)			Média
	10	20	30	
Argila (%)	64,5	64,2	64,1	64,2
Silte (%)	34,2	34,9	34,6	34,6
Areia (%)	1,3	0,9	1,3	1,2
MO (%)	3,0	2,5	3,4	3,0
pH - H ₂ O	6,4	6,4	6,1	6,3
Ca (cmolc dm ⁻³)	6,56	5,72	5,66	6,0
Mg (cmolc dm ⁻³)	4,67	4,86	4,09	4,5
Mn (mg dm ⁻³)	9,04	6,84	23,39	13,1
Al (cmolc dm ⁻³)	0,07	0,08	0,08	0,1
H + Al (cmolc dm ⁻³)	3,37	3,01	4,04	3,5
Índice SMP	6,2	6,3	6,1	6,2
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	5,32	3,28	10,47	6,4
K (mg dm ⁻³)	125	122	117	121,3
m (cmolc dm ⁻³)	0,63	0,72	0,80	0,7
V (%)	77,16	78,15	71,05	75,5
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	11,62	10,82	10,14	10,9
CTC pH7,0 (cmolc dm ⁻³)	14,92	13,90	14,09	14,3

Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

Quando da escolha das áreas experimentais, no ano de 2015, em ambos os experimentos foi realizada a correção da acidez do solo com aplicação de calcário para elevar o pH do solo a 5,5 (CQFS – RS/SC, 2004).

Ambos os experimentos possuem delineamento em blocos casualizados em faixas (faixas de declividades), com três repetições. Cada experimento possui 36 parcelas, os quais totalizam 72 unidades experimentais.

As declividades no Experimento I foram ajustadas com o revolvimento do solo e uso de grade niveladora. No Experimento II foram construídas com auxílio de uma máquina escavadeira e uma máquina motoniveladora.

Nos locais, foram realizados cultivos de tifton 85 (*Cynodon* sp.), em parcelas de 4,25m². As mudas foram adquiridas de fornecedor comercial, as quais eram pré-brotadas e enraizadas, acondicionadas em bandejas de polipropileno. O transplante das mudas para o solo foi em

espaçamento de 0,25 x 0,25 m, com densidade de 16 plantas m², sendo realizado o plantio em 12 de março de 2015 no Experimento I e 14 de novembro de 2015 no Experimento II.

No ano de 2016, após a pastagem instalada, foram realizadas quatro aplicações de DLS, sendo as doses totais 0 (zero), 43, 87 e 172 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P, que equivalem a aproximadamente 0 (zero), 45, 90 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS, respectivamente. Os resultados de produção de forragem e efeitos no solo relativos ao ano de 2016 foram apresentados por Bonfada (2017).

No ano de 2017, já objeto de discussão da presente dissertação, foi realizada a semeadura de azevém como pastagem de inverno, e posteriormente foram realizadas duas aplicações de DLS, sendo as doses totais de 0 (zero), 33, 66 e 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS (Tabela 3), com suas respectivas características químicas expostas na Tabela 4. Foram realizadas apenas duas aplicações neste ano pois o DLS usado na segunda aplicação tinha elevado conteúdo de matéria seca e nutrientes (Tabela 4).

Tabela 3- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2017.

Solo	Aplicação	Data	IA	DAPA
Cambissolo	1	14-jan-17	-	0
	2	23-mar-17	68	68
Nitossolo	1	14-jan-7	-	0
	2	23-mar-17	68	68

IA - intervalo de aplicações;

DAPA - dias após a primeira aplicação de DLS

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 4- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2017.

Solo	Nº. Aplicação	MS	N	P	K	Ca	Mg	
		%	kg m ⁻³					
CX/NV	1	0,59	0,50	0,15	0,10	0,07	0,12	
CX/NV	2	10,7	8,40	4,63	1,85	0,88	3,84	
Dose de DLS (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)		kg ha ⁻¹						
	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	33		128,06	68,41	28,01	13,75	56	
	66		256,12	136,81	56,02	27,5	113	
	132		512,24	273,63	112,05	55,0	226	

CX- Cambissolo Háplico; NV- Nitossolo Vermelho

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Em 2018 foram realizadas quatro aplicações de DLS, sendo as doses totais de 0 (zero), 29, 56 e 116 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS (Tabela 5), com dados químicos apresentados na tabela 6.

Tabela 5- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2018.

Solo	APLICAÇÃO	DATA	IA	DAPA
Cambissolo/ Nitossolo	1	23-jan-18	-	0
	2	10-abr-18	79	79
	3	12-jun-18	63	142
	4	27-ago-18	76	218

CX- Cambissolo Háplico; NV- Nitossolo Vermelho

IA - intervalo de aplicações;

DAPA - dias após a primeira aplicação de DLS

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Em cada aplicação de DLS foi coletada uma amostra representativa para determinação de massa seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) conforme metodologia proposta por Tedesco et al., (1995). Uma amostra do DLS de 2g foi submetida a digestão via úmida - digestão sulfúrica (ácido sulfúrico - H₂SO₄ - concentrado + peróxido de hidrogênio - H₂O₂ - concentrado) em bloco digestor, com elevação da temperatura até 375°C, apresentando coloração esverdeada ao final do processo. Posteriormente foi ajustado seu volume em 50 mL em proveta, sendo então armazenadas em tubos falcon de 50 mL.

Tabela 6- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2018.

Solo	Nº. Aplicação	MS %	kg m ⁻³				Mg
			N	P	K	Ca	
CX/NV	1	3,9	4,00	1,63	0,09	0,27	1,12
CX/NV	2	1,58	1,90	0,61	0,08	0,16	0,54
CX/NV	3	0,92	2,10	0,36	0,08	0,03	0,09
CX/NV	4	8,14	6,30	3,42	0,10	0,46	2,31
Dose de DLS (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)			kg ha ⁻¹				
	0		0,00	0,00	0,00	0,00	5,93
	29		125,71	34,59	3,21	5,19	22,40
	58		251,72	71,26	6,44	10,76	46,22
	116		502,82	142,47	12,86	21,46	92,39

CX- Cambissolo Háplico; NV- Nitossolo Vermelho

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Foram retiradas alíquotas para determinação de N em destilador de Kjeldahl (TE-0364, TECNAL); a determinação de P foi realizada de acordo com a metodologia descrita em Murphy

& Riley (1962), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU); para determinação de K foi utilizada a fotometria de chama (DM-62, DIGIMED) e para determinação de Ca e Mg a espectrofotometria de absorção atômica (MARCA DO APARELHO).

As aplicações do DLS foram realizadas manualmente, na superfície do solo, com auxílio de um regador com capacidade de 10 L, logo após o corte do pasto. O DLS para as aplicações dos dois anos foi coletado de um biodigestor na Granja da Coopercampos em Campo Novos (SC).

Para avaliação de produção de massa seca (MS) foram realizados cortes em dois pontos aleatórios de cada parcela, com o uso de uma estrutura metálica de dimensões 0,2 x 0,7 cm que corresponde a uma área de 0,14 m², resultando numa área total de corte de 0,28 m²/parcela. O corte foi realizado a uma altura de 10 cm do solo. O rendimento de massa seca de forragem de tifton foi medida periodicamente para os anos de 2017 (Tabela 7) e de 2018 (Tabela 8), mediante cortes ajustados com um intervalo mínimo de 30 dias para a primavera e verão, e de 60 dias para o outono e inverno.

Tabela 7- Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85 e azevém, para ambos os experimentos no ano de 2017.

Solo	CORTE	DATA	DAP	DCP
Cambissolo	1	10-jan-17	670	-
	2	23-fev-17	714	44
	3	23-mar-17	742	28
	4	19-jun-17	830	88
	5	29-set-17	932	102
	6	28-nov-17	999	60
Nitossolo	1	14-jan-17	428	-
	2	23-fev-17	468	40
	3	21-mar-17	496	28
	4	19-jun-17	584	88
	5	29-set-17	686	102
	6	28-nov-17	746	60

DAP - dias após plantio; DCP - dias de crescimento da pastagem

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Imediatamente após a coleta de forragem para determinação do rendimento, todas as parcelas foram roçadas com roçadeira costal, e a forragem cortada foi retirada das parcelas com

auxílio de um rastel. A pastagem remanescente foi deixada com 10 cm de altura para permitir o rebrote da pastagem.

As amostras de forragem foram secadas em estufa de circulação de ar forçado a 60°C até atingir peso constante e pesadas para determinação da MS, com posterior conversão para $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de MS. Após determinado o peso da massa seca, as duas subamostras coletadas em cada parcela foram homogeneizadas, formando uma única amostra, a qual foi moída em um moinho de navalhas fixas do tipo Willey, com peneira de 1,0 mm.

Tabela 8- Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85 e azevém, para ambos os experimentos no ano de 2018.

Experimento	CORTE	DATA	DAP	DCP
Cambissolo	1	15-jan-18	1047	-
	2	15-fev-18	1078	31
	3	05-abr-18	1127	49
	4	05-jun-18	1188	61
	5	24-ago-18	1268	80
	6	28-set-18	1303	35
	7	05-nov-18	1341	38
Nitossolo	1	15-jan-18	794	-
	2	15-fev-18	825	31
	3	05-abr-18	874	49
	4	05-jun-18	935	61
	5	24-ago-18	1015	80
	6	28-set-18	1050	35
	7	05-nov-18	1088	38

DAP - dias após plantio; DCP - dias de crescimento da pastagem

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Para a análise dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no tecido vegetal, foi realizada a digestão por via úmida - digestão sulfúrica (ácido sulfúrico - H_2SO_4 - concentrado + peróxido de hidrogênio - H_2O_2 - concentrado), em bloco digestor com elevação da temperatura até 375°C, conforme metodologia descrita por Tedesco et al., (1995). O teor de N total foi determinado por destilação de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, o efeito das declividades foi comparado pelo Teste de médias de Tukey ($P < 0,05$), e as doses por regressão simples. Empregou-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014) para as análises estatísticas e o software SigmaPlot 12.5 para elaboração dos gráficos.

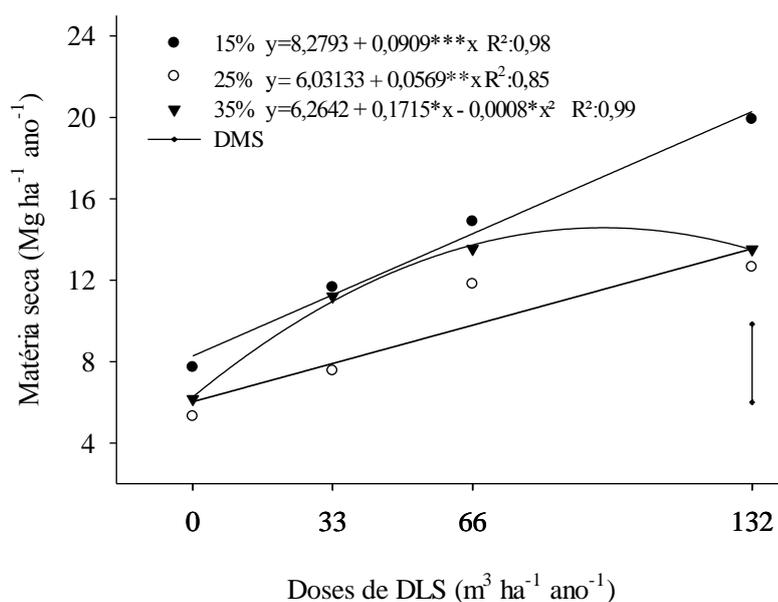
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produção de forragem e exportação de nutrientes no Cambissolo Háplico

Na pastagem cultivada no CX no ano de 2017, houve interação entre os fatores doses de DLS e níveis de declividade (Figura 5).

Analisando cada declividade submetida a doses de DLS, nota-se que as declividades de 15% e 25% apresentaram comportamento linear na produção de matéria seca. A área com declividade de 35% apresentou efeito quadrático com maior produção de 15,45 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ MS na dose de 107 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 5- Produção de matéria seca no ano de 2017, sob aplicação de doses de DLS em diferentes declividades no experimento I, Rio do Sul (SC).



DMS- Diferença mínima significativa;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A pastagem responde a aplicação de DLS, causando aumentos médios de 145% e 124% de produção na maior dose em relação a testemunha nas declividades 15 e 25%. Contudo, na declividade de 35% a maior dose de DLS não produziu mais que a dose anterior. Isso pode ter ocorrido pela perda de parte dos nutrientes aplicados pelo escoamento superficial em razão da alta declividade, como atestado por Dall'Orsoletta (2018), que mediu a perda de nutrientes no mesmo experimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Gillingham (1980), em que com o aumento do declive, a produção de pastagem diminuía.

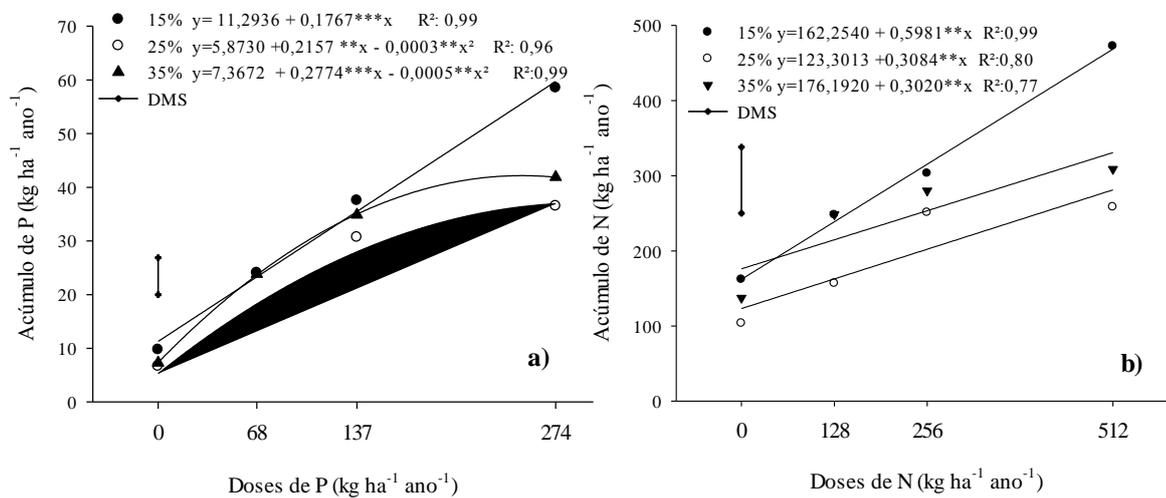
Avaliando cada dose, é possível observar que há diferença significativa na maior dose de DLS para a declividade de 15% em relação as demais, e provavelmente está relacionado por esta declividade possuir menores perdas por escoamento e assim maior aproveitamento da pastagem dos nutrientes aplicados via DLS.

Em relação à exportação de nutrientes, houve interação entre doses e declividade para os nutrientes N (Figura 6a), P (Figura 6b), Ca (Figura 7a) e Mg (Figura 7b), enquanto houve apenas efeito simples para K sob doses (Figuras 8a e 8b).

Para P, ressalta-se o alto acúmulo com comportamento linear para a declividade de 15% sob as doses de P na forma de DLS, no entanto, apresentando eficiência de exportação de aproximadamente 21,79% do que foi aplicado na maior dose de $274 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P. Isso se deve ao menor teor médio de P no tecido vegetal em relação aos outros nutrientes e ao alto teor destes nos dejetos. Assim, aplicam-se altas doses, mas as plantas utilizam menores quantidades, contribuindo para o acúmulo do nutriente no solo ou sua perda para o ambiente. As declividades de 25 e 35% apresentaram comportamento quadrático com o máximo de acúmulo de P, sendo que na maior dose estas se diferiram da declividade de 15% conforme pode ser observado pela barra de DMS. Este efeito da declividade na maior dose de P se deve principalmente a de 15% possuir maior capacidade de infiltração, e assim menores perdas por erosão de nutrientes (DALL'ORSOLETTA, 2018), destacando-se o P pela sua baixa mobilidade e estar apto a ser transportado via escoamento.

No acúmulo de N, para todas as declividades houve comportamento linear (Figura 6b), no entanto, na declividade de 15% o incremento no acúmulo é aproximadamente 100% maior a cada $\text{kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ adicionado em relação as demais declividades. A partir disso, é possível identificar diferença significativa para a declividade de 15% na maior dose em relação as demais declividades devido a sua alta eficiência na utilização de N quando aplicado. Devido a isso, declividades de 25 e 35% poderão ter maiores chance de contaminação de águas devido à alta perda de N via escoamento e lixiviação, além disso, apresentarão menores valores na qualidade de pastagem.

Figura 6- Acúmulo de P (a) e acúmulo de N (b) na forragem no ano de 2017, sob a aplicação de doses de N e P na forma de DLS em diferentes declividades no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



DMS- Diferença mínima significativa;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

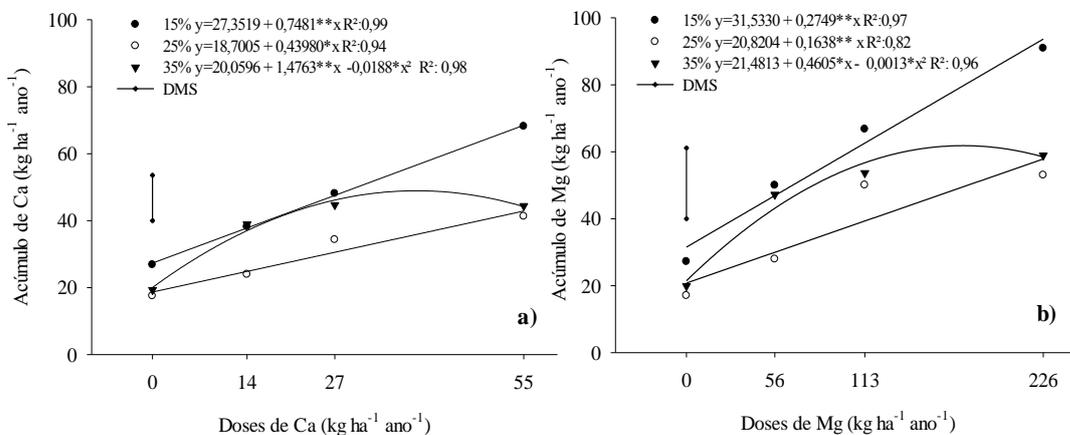
Para o acúmulo de Ca (Figura 7a), nota-se que o comportamento é semelhante à produção de matéria seca (Figura 5). Este efeito se deve pelo fato de o Ca ser integrante da parede celular, e esta, é quantitativamente o maior componente das plantas, constituindo sua verdadeira estrutura (PRADO, 2008). As declividades de 15 e 25% apresentaram comportamento linear, no entanto, a de 25% apresentou um incremento inferior em relação a de 15% para cada kg de Ca ha⁻¹ ano⁻¹ adicionado (Figura 7a). Na declividade de 35% sob doses de Ca, o seu comportamento foi quadrático, tendo queda no acúmulo na maior dose, isto provavelmente porque a aplicação de DLS é superficial e assim, em altas quantidades, está apto à perdas por escoamento, ou por lixiviação para camadas mais profundas. A partir disso, o acúmulo máximo de Ca foi de 49,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹ na dose de 39,26 kg ha⁻¹ ano⁻¹, apresentando eficiência de utilização de 90% do Ca aplicado, no entanto, é verídico que as concentrações de Ca presentes neste DLS são relativamente baixas em relação aos teores de Mg.

Para doses, o acúmulo de Ca na maior dose de DLS é superior na declividade de 15% em relação as demais declividades.

As declividades de 15 e 25% apresentam comportamento linear quando submetidos a doses de Mg na forma de DLS no acúmulo de Mg (Figura 7b), porém, o incremento na declividade de 15 e 25% é de 0,27 e 0,16 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg a cada kg de Mg adicionado,

respectivamente. A declividade de 35% demonstra efeito quadrático sob doses de Mg, havendo comportamento semelhante ao acúmulo de Ca nesta mesma declividade, onde na maior dose o acúmulo de Mg reduz, apresentando o acúmulo máximo de 62,31 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg na dose de 177 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A partir disso, devido à alta eficiência de utilização na declividade de 15% em relação a de 25%, e a queda no acúmulo na de 35%, a declividade de 15% apresenta na maior dose diferença significativa entre as demais.

Figura 7- Acúmulo de Ca (a) e acúmulo de Mg (b) na forragem no ano de 2017, sob a aplicação de doses de Ca e Mg na forma de DLS em diferentes declividades no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

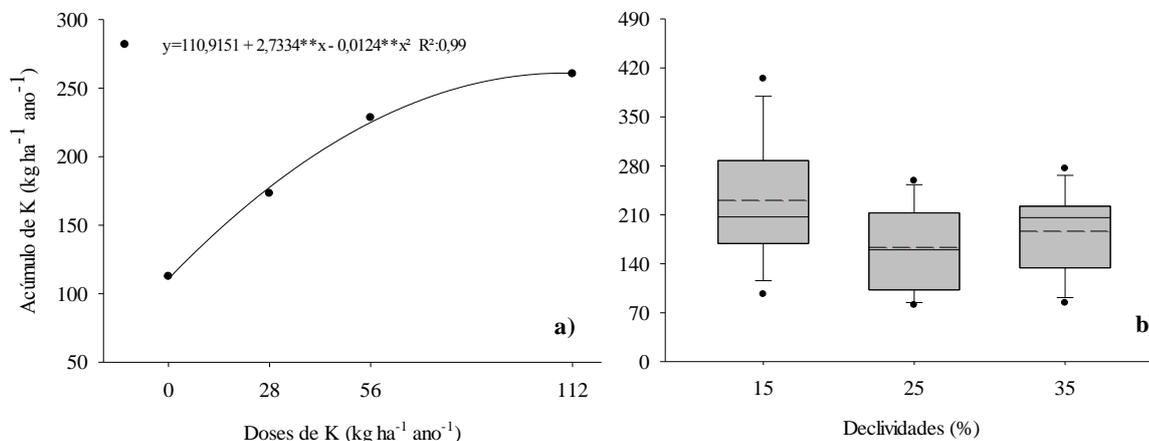


DMS- Diferença mínima significativa;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Diferentemente das demais variáveis, o acúmulo de K não apresentou efeito de interação entre dose e declividade, havendo efeito isolado somente para doses (Figura 8a). Quando submetido a doses, o comportamento foi quadrático, sendo o acúmulo máximo de 261 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K obtido com a dose de 110 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K. Para declividades não houve diferença significativa (Figura 8b), o que se deve principalmente por se um elemento de alta mobilidade no solo e que pode ser pouco afetado por perdas de erosão.

Figura 8- Acúmulo de K na forragem no ano de 2017 sob doses de K na forma de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b), em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

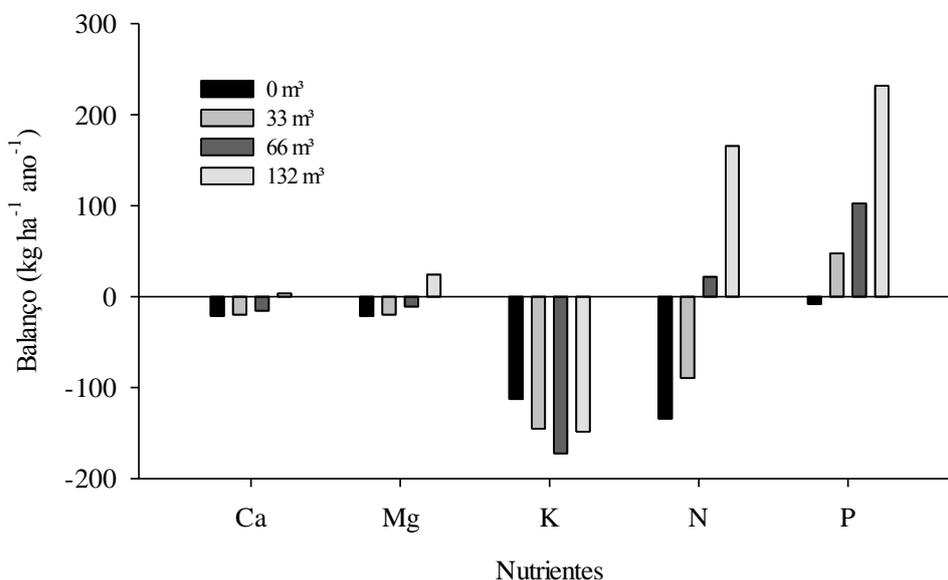
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

No balanço anual de entradas e saídas (Figura 9), para Ca e Mg em quase todas as doses houve balanço negativo, ou seja, maior exportação do que entrada de nutrientes, tendo saldo positivo somente na maior dose para ambos nutrientes. Contudo, as quantidades exportadas são pequenas quando comparadas as quantidades normalmente aplicadas via calagem, já que cada tonelada de calcário possui em média 250 kg de CaO e 180 kg de MgO, na forma de carbonato.

Para K, a extração está sendo muito superior ao que é fornecido via DLS, havendo um déficit acima de 100 kg ha⁻¹ de K, indicando que seria necessária uma adubação complementar via fertilizante mineral devido a este desbalanço.

Diferentemente para os demais nutrientes, o N e o P, por estarem presentes em grande quantidade no DLS, apresentam saldo positivo. Para o N, por ser o elemento de maior extração pelas plantas, na testemunha e na menor dose há saldo negativo, porém em maiores doses, a quantidade que pode ser perdida via lixiviação, escoamento e volatilização é muito alta. Já para P, o problema acaba sendo maior, pois as quantidades de P extraído pelas plantas são baixas, potencializando as perdas. No entanto, ressalta-se que o P apresenta grande capacidade de adsorção em partículas reativas do solo e o restante pode ser retido em frações com menor energia (BARROW et al. 1998), que com o tempo, aumenta sua biodisponibilidade e, conseqüentemente, suas taxas de transferência por lixiviação (SMITH et al. 2001; GATIBONI et al., 2007).

Figura 9- Balanço de entrada de nutrientes via DLS e saída via extração de tifton 85 e azevém para o ano de 2017 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC)



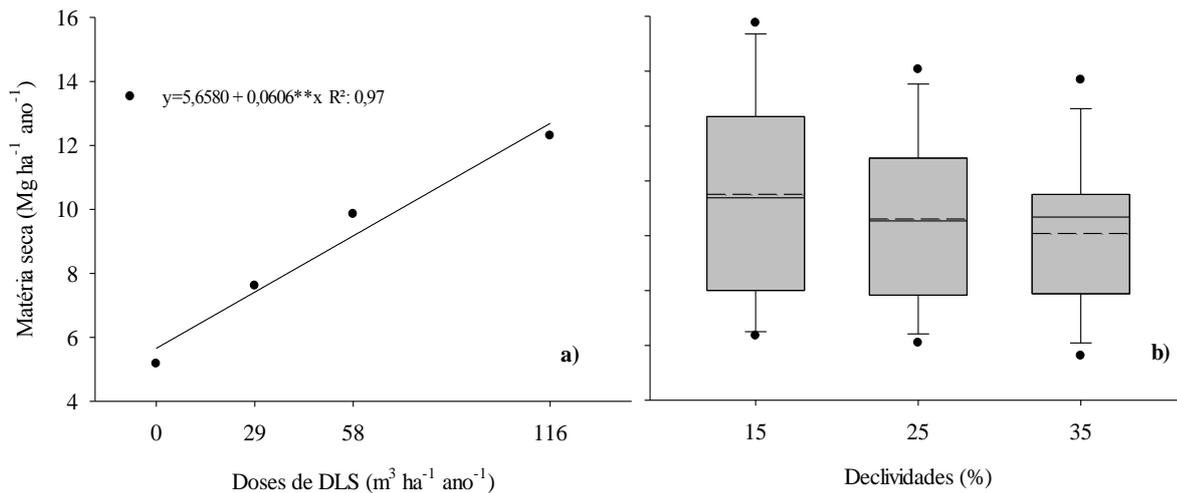
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Nas Figuras 10 a 16 são apresentados os resultados para o ano de 2018 no experimento no CX. Diferentemente do ano 2017, para o ano de 2018 começou a ocorrer mudanças no comportamento na produção anual de pastagem (Figura 10), onde não há mais interação entre doses e declividades. Este efeito se deve provavelmente pela alta adubação que já se ocorreu no local e mesmo as declividades com maiores doses de DLS terem maiores perdas via escoamento, chega a um ponto em que isso começa a ocorrer também nas menores doses de DLS e menores declividades. A partir disso, a fertilidade dos locais ultrapassa os teores críticos, não havendo diferença na resposta das plantas sob diferentes declividades. Isto decorre principalmente por ser um solo menos argiloso, que apresenta menores sítios de adsorção de nutrientes, menores níveis de erosão e maior infiltração, colaborando assim que a partir de certo tempo, a pastagem tenha comportamento semelhante independentemente da declividade, como é observado na figura 10b.

Para a produção de MS, há comportamento linear quando a pastagem é submetida a doses de DLS (Figura 10a). Todavia, esta produção acaba sendo inferior ao ano anterior, onde que para a declividade de 15% do ano 2017 chegou a aproximadamente $20,26 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para o ano de 2018 foi próximo a $12,67 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Isto pode estar relacionado com a produção máxima fisiológica do tifton 85 que pode ter sido no ano de 2017, ou até mesmo uma restrição causada pelo clima, pois no ano de 2018 houve um período sem chuvas com mais de

30 dias no mês de maio, o que pode ter afetado a produção da pastagem neste período (Figura 2).

Figura 10- Produção de Matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



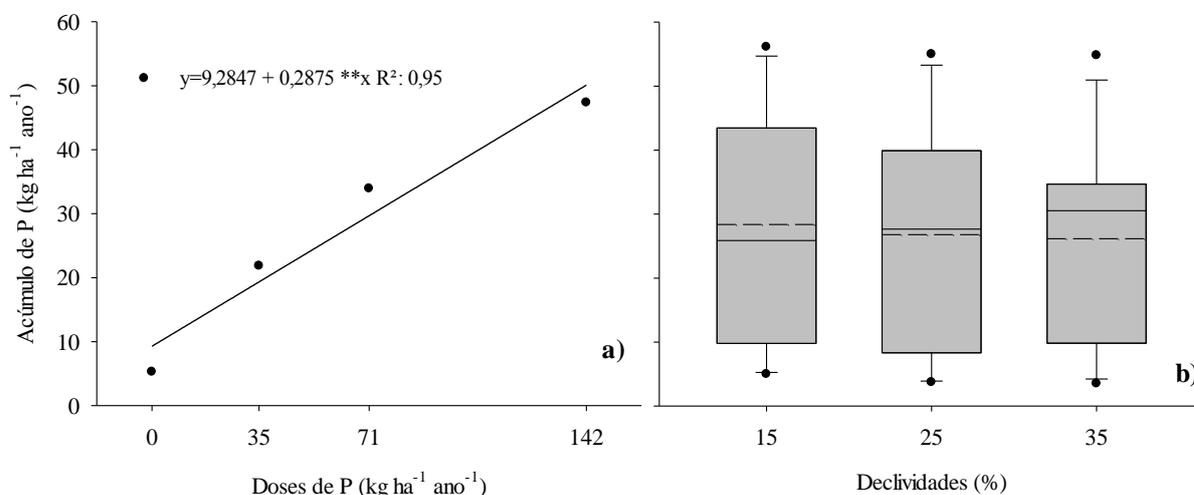
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Da mesma forma que a MS, o acúmulo de P no ano de 2018 no CX apresentou resultados divergentes do ano anterior, onde não houve interação entre os fatores declividade e dose (Figura 11). Quando submetido a doses de P na forma de DLS, o acúmulo de P apresentou comportamento linear (Figura 11a), com eficiência de utilização na maior dose de 35,3% do P adicionado.

Para as declividades (Figura 11b), não houve diferença da mesma forma que a MS.

Figura 11- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

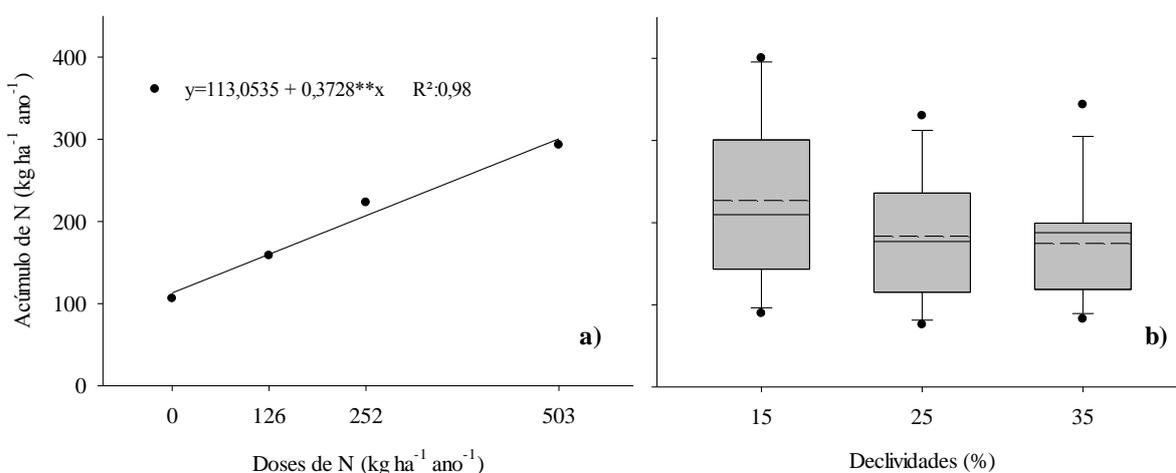


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O acúmulo de N apresentou efeito isolado somente para doses (Figura 12a), onde demonstra comportamento linear quando submetido a doses de N via DLS, tendo eficiência de utilização de 60% do que foi aplicado, semelhantemente ao ano 2017.

Figura 12- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



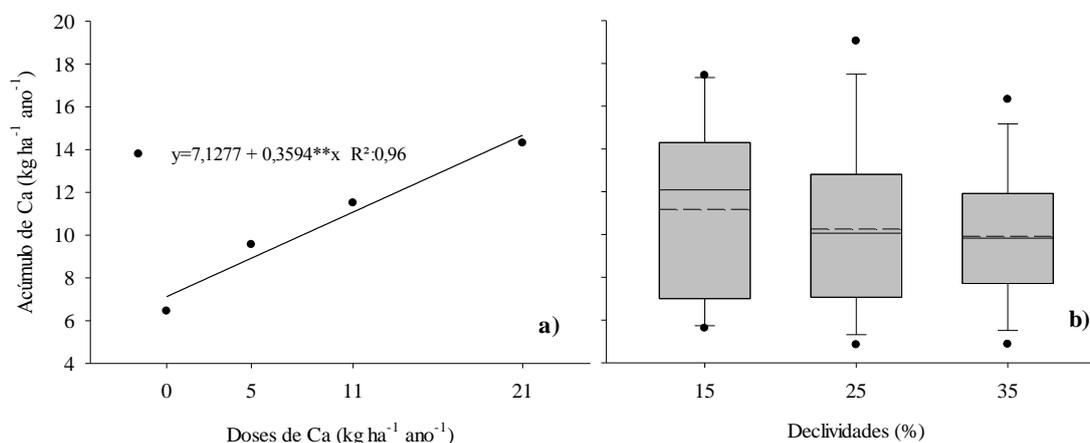
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Com o aumento da dose de N, percebe-se que a eficiência de utilização diminuiu, isto porque, provavelmente em níveis elevados de N, seja mais fácil de ocorrer perdas (MENEGATTI et al., 2002; SCHERER, 2002). Este efeito se deve a capacidade de resposta das plantas a adubação, que está envolvida com o potencial genético da planta em absorver o nutriente (DOUGHERTY & RHYKERD, 1985), ou pode estar ocorrendo limitação de algum nutriente no local (SALETTE & HUCHÉ, 1991). Isto é, por ser tratar de um fertilizante orgânico que apresenta desbalanço de nutrientes, as chances são grandes de estar ocorrendo, principalmente considerando o déficit de K adicionado.

As quantidades adicionadas de Ca via DLS no ano de 2018 reduziram em relação ao ano de 2017, e isto pode ter promovido a menor absorção de Ca pelas plantas, como pode ser observado na Figura 13a que foi o único fator significativo. Ao ser adicionado doses de Ca o comportamento foi linear, com eficiência de utilização de 70% na maior dose, sendo que nas demais doses foram próximas a valores negativos de Ca em relação ao que foi aplicado e absorvido.

Figura 13- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



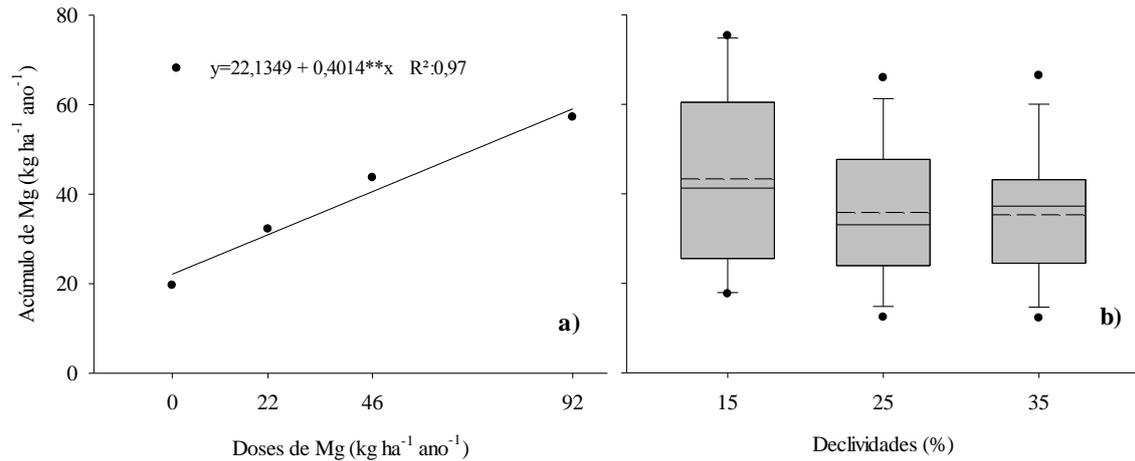
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A absorção de Mg continua com valores próximos ao ano de 2017, diferentemente para o Ca (Figura 14). O que se pode observar, é que os menores valores de absorção de Ca e Mg são de 7,12 e 22,13 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Relatando assim, que mesmo nas testemunhas que não receberam DLS já se tem esta diferença na absorção na relação Ca:Mg anormal. Embora estabelecidas as relações Ca:Mg ideais para as plantas, não está claramente

estabelecido ainda a partir de que proporção destes elementos na CTC começam a ocorrer problemas nutricionais nas plantas (MEDEIROS et al., 2008).

Figura 14- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

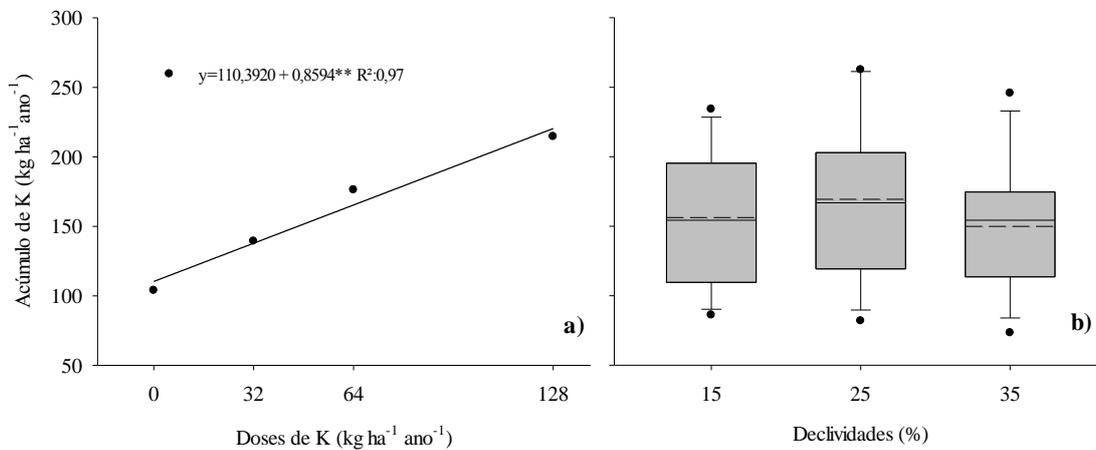


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Para o ano de 2018 o K apresenta novamente efeito somente para doses (Figura 15a), demonstrando efeito linear quando submetido a doses de K via DLS, com absorção superior ao que foi aplicado independentemente da dose.

Figura 15- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

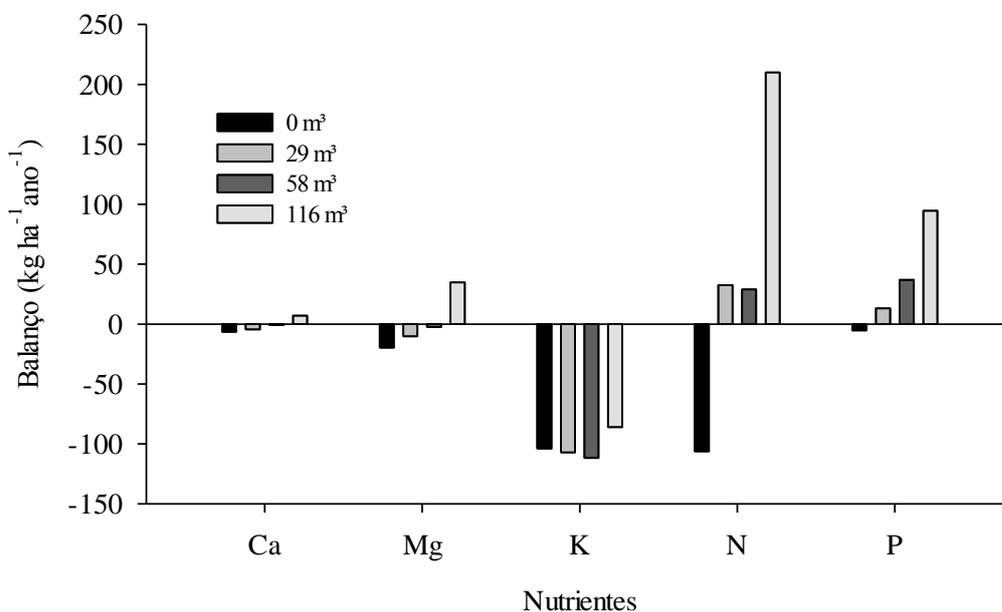


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

De modo parecido ao ano de 2017, no ano seguinte, o balanço de entrada e saída de nutrientes apresenta comportamento semelhante, com continuação dos mesmos problemas identificados que são o excesso de P e N livres no ambiente a partir da dose de $59 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e a alta extração de K promovendo seu balanço negativo em relação aos demais. Como a produção foi menor que em 2017, se observa que houve balanço positivo de N para as três doses de DLS aplicadas, enquanto no ano anterior na menor dose de DLS houve também balanço negativo.

Figura 16- Balanço de entrada de nutrientes via DLS e saída via extração de tifton 85 e azevém para o ano de 2018 em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

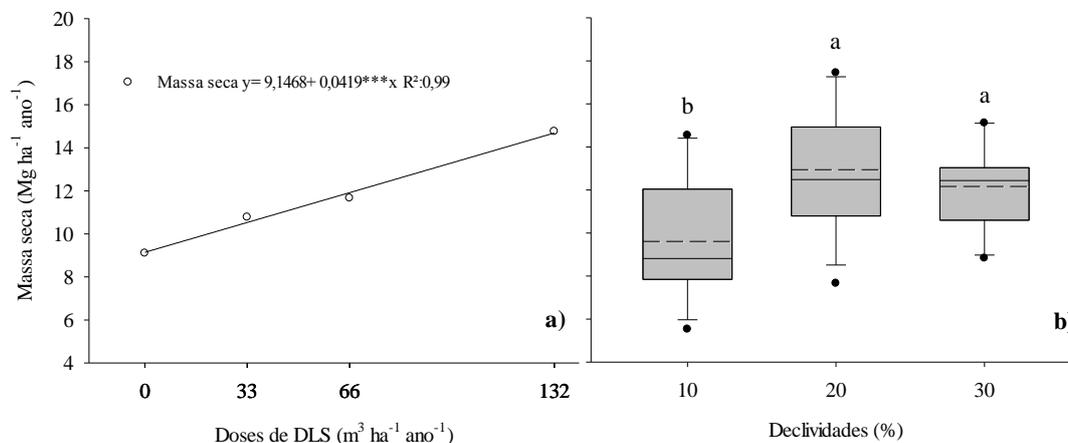


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

3.3.2 Produção de forragem e exportação de nutrientes no Nitossolo Vermelho

A seguir serão apresentados os resultados para o segundo experimento, instalado no município de Campo Novos-SC em um NV. Nas figuras 17 até 23 são apresentados os dados para o ano de 2017 e nas figuras 24 a 29 são apresentados os dados para o ano de 2018. Para o NV no ano de 2017, observa-se comportamento linear na produção de MS anual (Figura 17a), com aumento de $0,0419 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a cada m^3 de DLS aplicado. Já para as declividades, a de 10% apresentou menor produção de MS anual em relação as demais. Este comportamento foi também observado para o acúmulo de N (Figura 19b), K (Figura 20b), Ca (Figura 21b) e Mg (Figura 22b), e isto se deve principalmente esta declividade ter sido construída mecanicamente, o que pode ter afetado sua fertilidade natural no preparo do declive e uma certa compactação, acarretando assim o menor desempenho da pastagem no local.

Figura 17- Produção de matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) para o ano de 2017, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

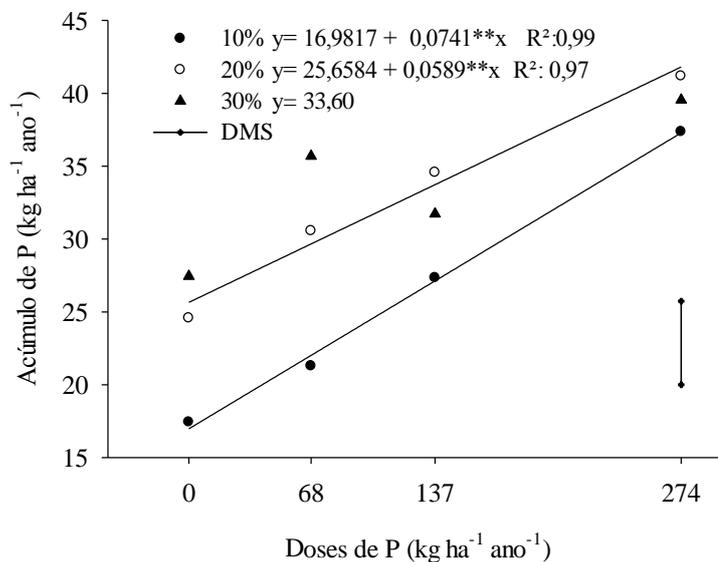


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O acúmulo de P da parte aérea apresentou efeito distinto quando submetido a doses de P na forma de DLS sob diferentes declividades (Figura 18). Na ausência de adubação e na dose de $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ teve maior acúmulo de P na declividade de 20 e 30% em relação a de 10%. Já nas doses superiores esta diferença não é observada, e isto pode ser uma resposta ao que já foi comentado anteriormente sobre a fertilidade natural do local, fazendo com que a menor declividade apresente maior resposta quando submetida a fertilização do que as demais. Este efeito de resposta pode ser observado pela equação da regressão, onde a declividade de 10% apresentou acúmulo de $20,30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a mais na maior dose em relação a testemunha, diferentemente a de 20% que demonstrou acréscimo de $16,13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para a declividade de 30% não foi possível encontrar uma regressão representativa para seu comportamento sob doses, apresentando assim uma média de $33,60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de acúmulo de P. Esta dificuldade de se encontrar uma regressão para a declividade de 30% pode estar relacionada aos teores de P extremamente altos, fazendo com que a planta não responda mais a esta adubação, apresentando assim consumo de luxo.

Figura 18- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS e efeito de diferentes declividades no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

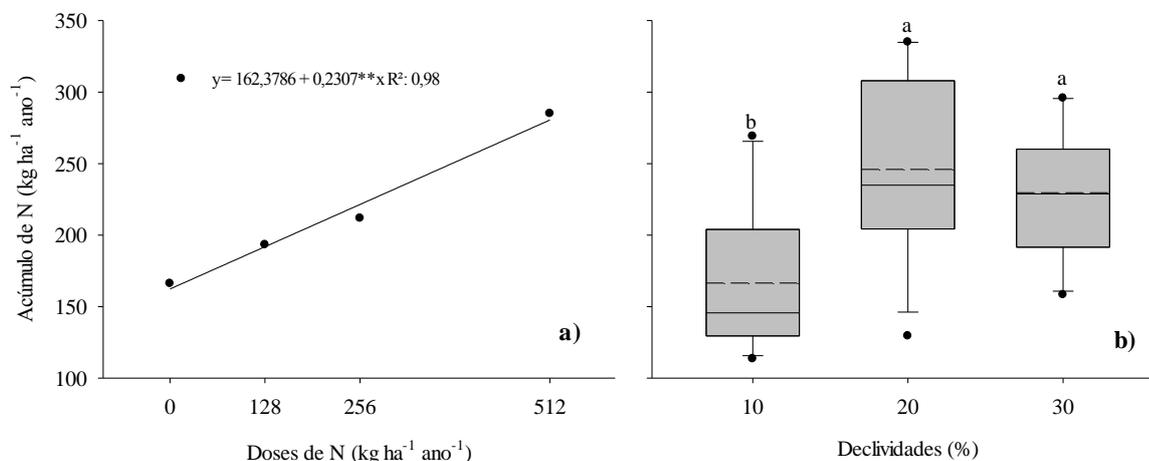


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Com aplicações de doses de DLS na pastagem observa-se efeito linear para o acúmulo de N (Figura 19a). Para a maior dose, houve uma eficiência de utilização do N por meio de DLS de aproximadamente 55%, isto porque em média 50% do N total do DLS está na forma amoniacal (SÁNCHEZ; GONZÁLEZ, 2005). No entanto, boa parte deste N presente no DLS pode ser perdido, com a volatilização de amônia, que se apresenta principalmente nos dois primeiros dias após aplicação de DLS (GIACOMINI et al., 2013). O restante do N que se mantém no solo está apto a percolação, transformações microbianas, desnitrificação, imobilização e por fim lixiviação.

Considerando estes fatores de perdas, é possível salientar que se houvesse maior fracionamento da aplicação de DLS neste ano, poderia ter sido superior esta eficiência de utilização, e assim, contribuir para menores níveis de potencial poluidor do ambiente.

Figura 19- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



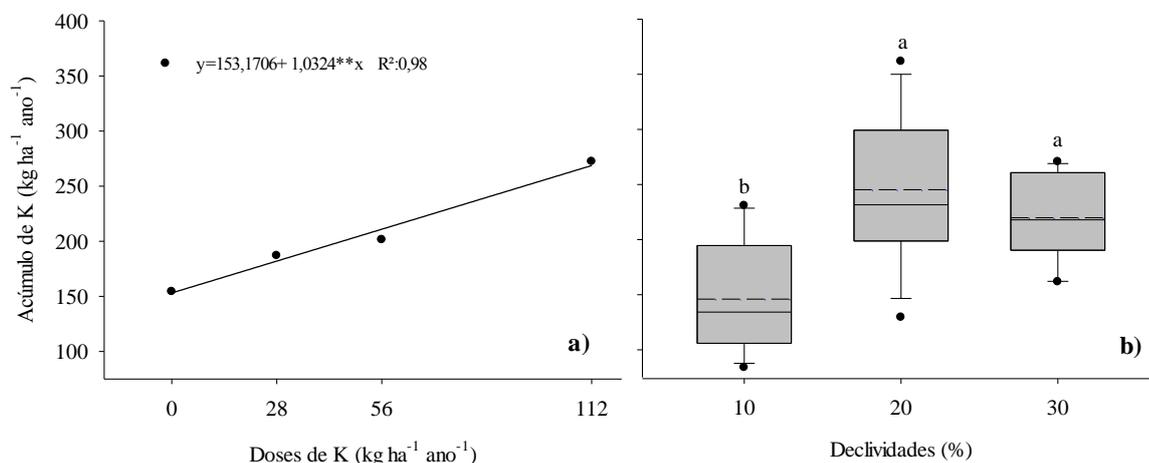
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O DLS é caracterizado como excelente fertilizante orgânico que pode substituir o mineral, entretanto, é necessário o uso de fertilizante mineral para complementação, e isto é devido ao desbalanço de nutrientes que há no DLS.

A partir disso, é observado efeito linear para doses de K (Figura 20a) e para declividade (Figura 20b), porém, as quantidades extraídas são superiores ao que foi adicionado via DLS, tendo assim alta eficiência na utilização de K, onde a cada kg de K aplicado houve a extração de 1,03 kg⁻¹ ha⁻¹ de K pela pastagem.

Figura 20- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

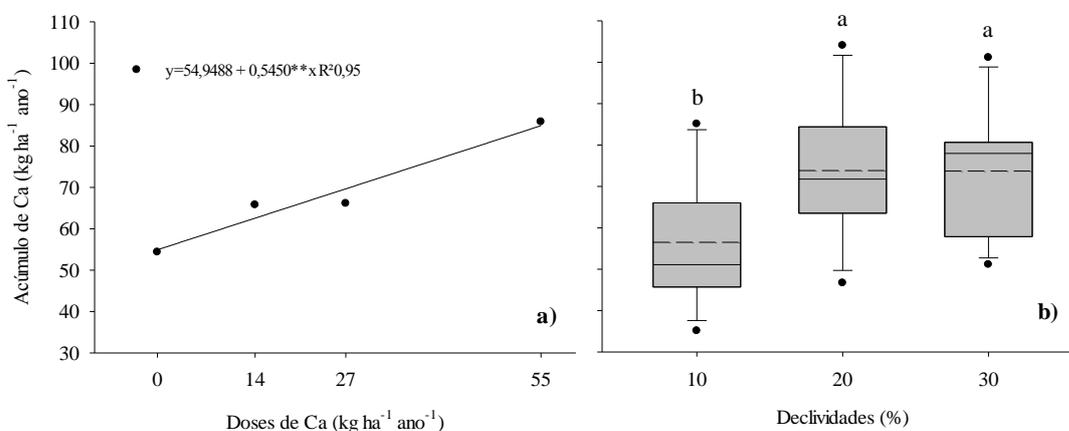


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P>0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Extrações de Ca (Figura 21) e Mg (Figura 22) estão fora dos padrões normalmente encontrados pela extração de plantas, que é aproximadamente uma relação de 3:1 para Ca:Mg (QUEIROZ et al., 2004; COSTA et al., 2009; ROSADO et al., 2017). Isto está relacionado principalmente a quantidade de Ca e Mg aplicados via DLS, onde a quantidade de Ca é 24% inferior que a dose de Mg, promovendo assim extrações excessivas de Mg e desbalanço de nutrientes na planta.

Além disso, a extração de Ca independentemente da dose foi superior ao que foi aplicado ao solo, podendo assim ocorrer esgotamento deste nutriente em um futuro próximo dependendo dos teores dele no solo com a contínua aplicação de DLS desbalanceado. Este efeito pode ser observado desde a testemunha até a maior dose de $55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de Ca na forma de DLS, onde foi extraído $54,9$ e $84,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de Ca, respectivamente (Figura 21).

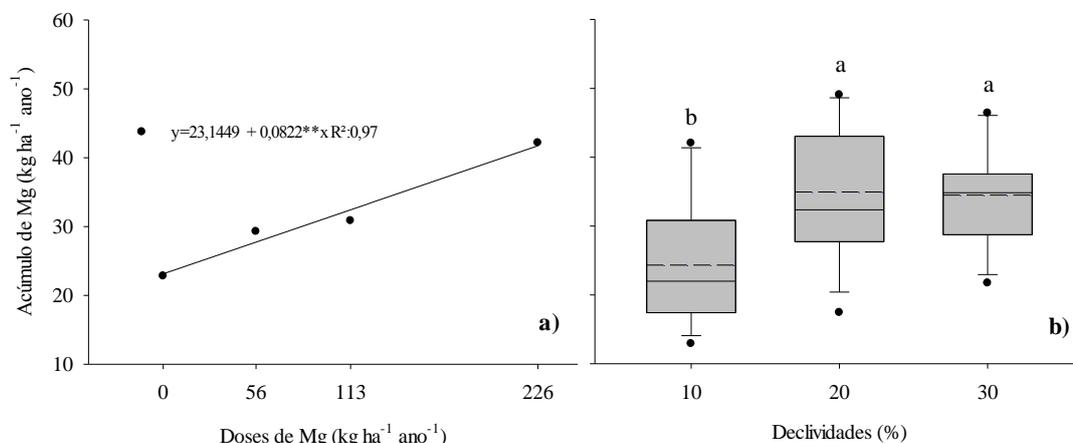
Figura 21- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P>0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 22- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

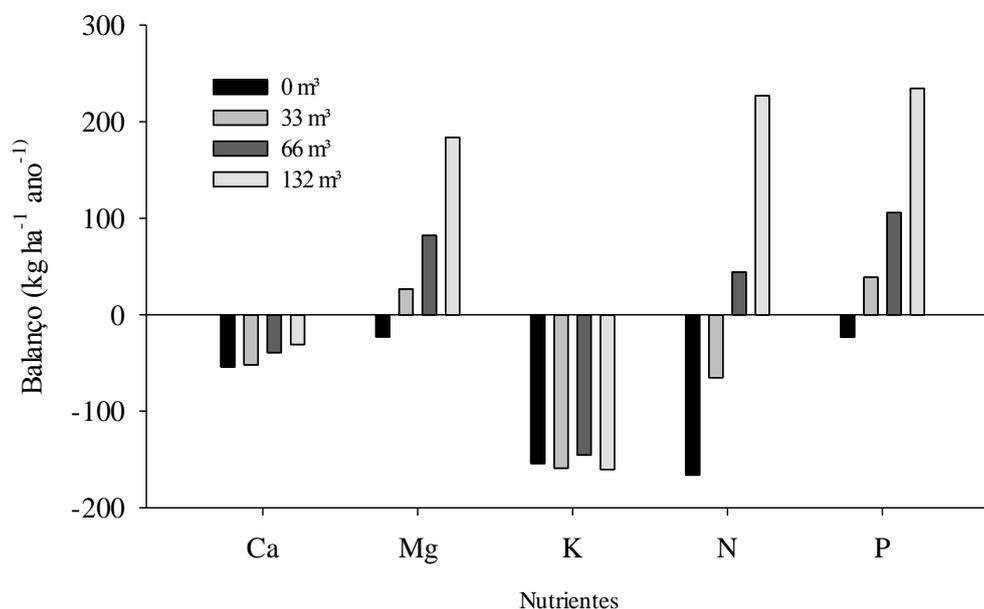
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Quando é avaliado o balanço de entrada de nutrientes via de DLS e a saída destes pela extração da pastagem (Figura 23), observa-se balanço negativo para Ca e K independentemente da dose, destacando-se principalmente o K. Este saldo negativo pode estar ou poderá promover uma limitação na produtividade da pastagem, quando essa extração começar a afetar os teores destes nutrientes no solo, levando a valores abaixo do nível crítico.

Para o balanço de N, na testemunha e na menor dose de DLS há balanço negativo pela alta capacidade que a pastagem apresenta na extração deste nutriente. No entanto, em doses maiores o balanço se torna positivo o que favorece a não utilização deste nutriente pelas plantas podendo ser perdido por lixiviação e volatilização, isto principalmente na maior dose que é superior a $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Quando avaliada a aplicação de Mg e P via DLS e a capacidade de extração destes nutrientes pela pastagem, identifica-se somente balanço negativo para as testemunhas onde não houve aplicação. Nas demais doses há grande quantidade excedente destes nutrientes que podem com o tempo passar por processos de absorção pelas plantas, perdas por lixiviação e escoamento, ou também para P ser precipitado ou adsorvido por minerais de argila e óxidos no solo.

Figura 23- Balanço de entrada via doses DLS e saída de nutrientes via extração por tifton 85 e azevém no ano de 2017 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



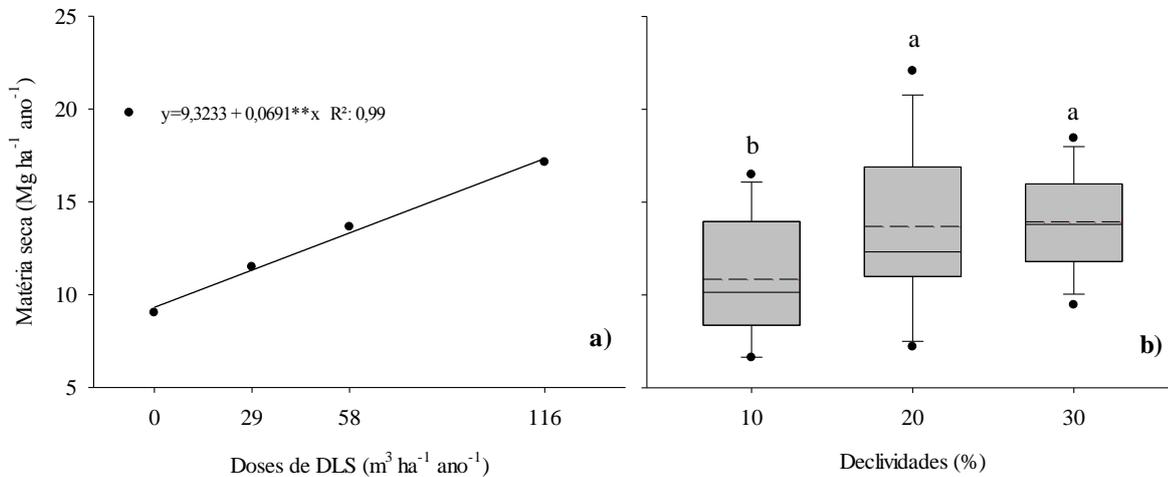
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A seguir são apresentados os dados de produção de MS (Figura 25), extração de P (Figura 26), N (Figura 27), K (Figura 28), Ca (Figura 29) e Mg (Figura 30) para o ano de 2018 no NV.

Aplicação de doses de DLS promoveu aumento na produção de MS (Figura 24a) com comportamento linear semelhante ao ano anterior. No entanto, o incremento de produção de MS passa de 0,041 para 0,0691 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a cada m³ de DLS adicionado, tendo assim aumento de eficiência na utilização de DLS de 68% para o ano de 2018 em relação ao ano de 2017. Para declividades (Figura 24b), a de 20 e 30% continuam apresentando produção superior a declividade de 10% como relatado no ano de 2017.

Já para as declividades (Figura 24b), a de 10% apresentou menor produção de MS anual em relação as demais. Este comportamento foi também observado para o acúmulo de P (Figura 25b), N (Figura 26b), K (Figura 27b), Ca (Figura 28b) e Mg (Figura 29b); e isto se deve pelos mesmos motivos do ano 2017, que é devido a declividade ter sido construída.

Figura 24- Produção de matéria seca de tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

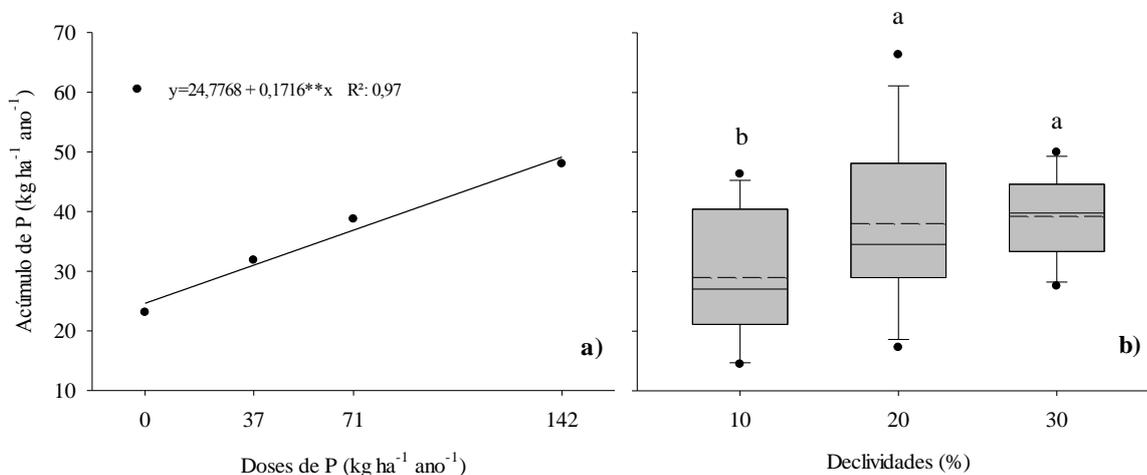


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Diferentemente do ano de 2017, para o ano de 2018 o acúmulo de P apresentou efeito isolado para dose (Figura 25a), apresentando incremento de $0,17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P a cada kg ha^{-1} de P adicionado, com uma eficiência de utilização de P na maior dose de 34%. Este efeito isolado de doses pode estar relacionado ao incremento na fertilidade do solo em ambas declividades, o que fez as mesmas não apresentarem comportamentos distintos quando submetidos a doses de P.

Figura 25- Acúmulo de P em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 no Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

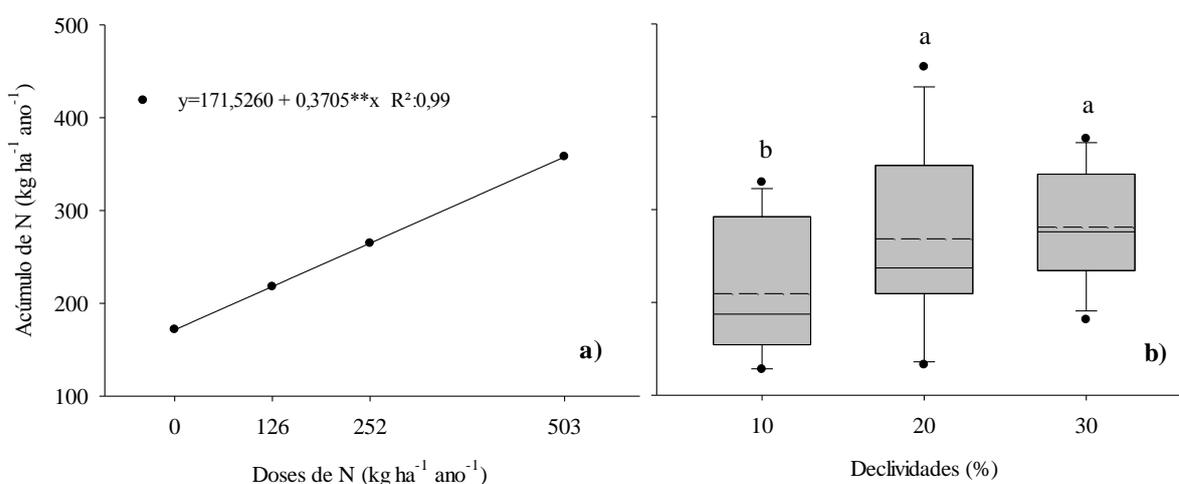


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O DLS apresenta em sua composição grandes quantidades de N, sendo essas superiores ao que a planta necessita na maioria das vezes quando utiliza-se a concentração de P para a recomendação e aplicação de DLS no solo, o que gera altas doses pela baixa eficiência de utilização de P. Isto pode ser observado na figura 26a, onde houve acúmulo de N na forragem com comportamento linear quando submetida a doses, no entanto, com eficiência de utilização de 71% do N aplicado na maior dose. Nas menores doses, é possível observar que a eficiência é completamente diferente, isto porque a planta tem alta exigência de N com acúmulo inicial de $171 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e nestas condições de baixas doses e com parcelamento de aplicação há eficiência próximo ou superior a 100%. Esta eficiência acaba sendo maior em pastagens produtivas, como é o caso do Tifton 85 (ASSMANN et al., 2018).

Figura 26- Acúmulo de N em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



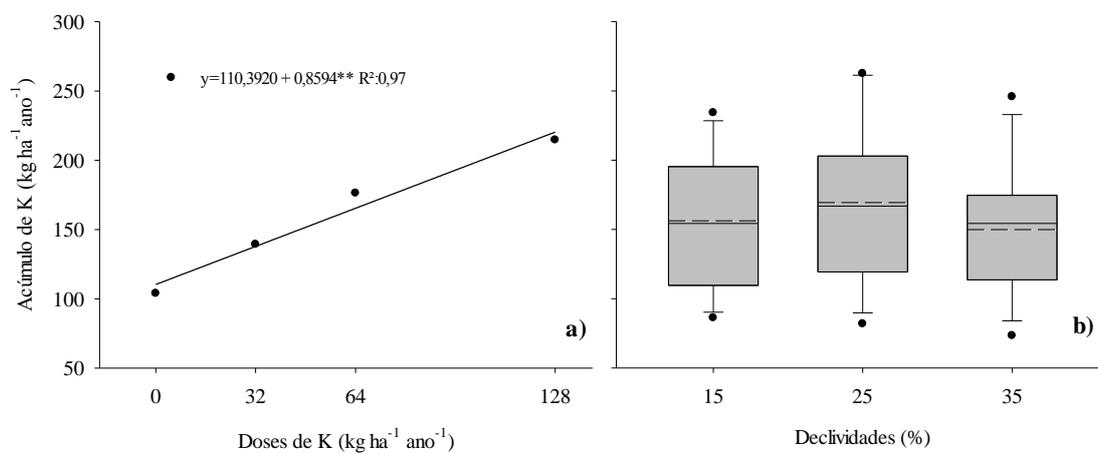
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A concentração de K no DLS é relativamente baixa em relação ao P e N, no entanto, a pastagem apresenta alta absorção deste nutriente mesmo em situação de baixa disponibilidade. Nesta situação em que as quantidades adicionadas são pequenas, e a planta continua tendo a disponibilidade de outros nutrientes, a mesma começa a absorver mais K além do que é adicionado, podendo promover assim um déficit de K futuramente por estar exaurindo o K natural do solo.

Este efeito pode ser observado em doses de K (Figura 27a), onde mesmo na maior dose de DLS houve a absorção pela planta de 81,19 kg ha⁻¹ano⁻¹ de K além do que foi adicionado via DLS, e em doses menores o problema pode ser ainda mais grave.

Figura 27- Acúmulo de K em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



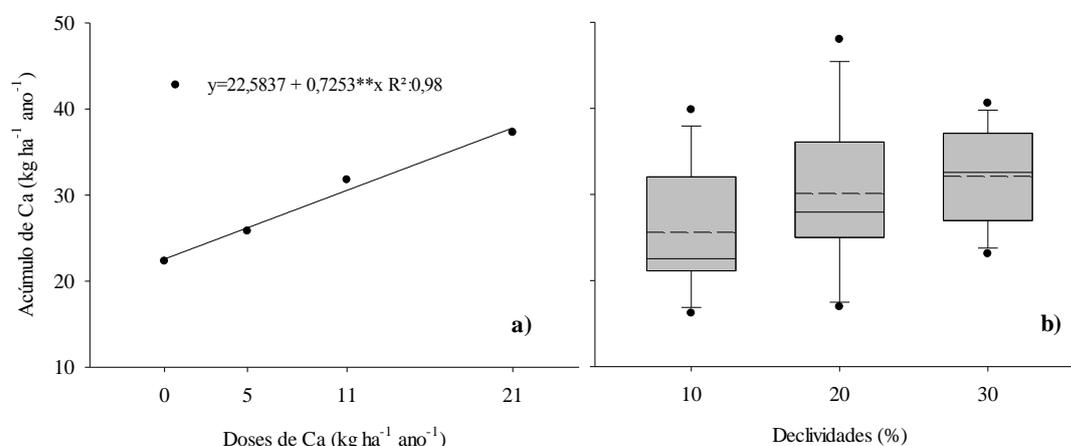
Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A aplicação de DLS promoveu no ano de 2018 incremento na absorção de Ca (Figura 28a). No entanto, quando comparado a absorção de Ca no ano anterior, nota-se uma absorção inferior, tendo um ponto de partida pelas testemunhas de 22,58 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de absorção, sendo próximo a 50% do que foi no ano anterior. Os tratamentos que receberam Ca também apresentaram menor absorção, no entanto, nestes dois anos as quantidades aplicadas não foram semelhantes, não podendo assim serem comparados.

Por ter sido adicionado quantidades inferiores, a eficiência de utilização foi superior, havendo a absorção de 16 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Ca além do que foi adicionado na maior dose, tendo assim maior extração de Ca do solo.

Figura 28- Acúmulo de Ca em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

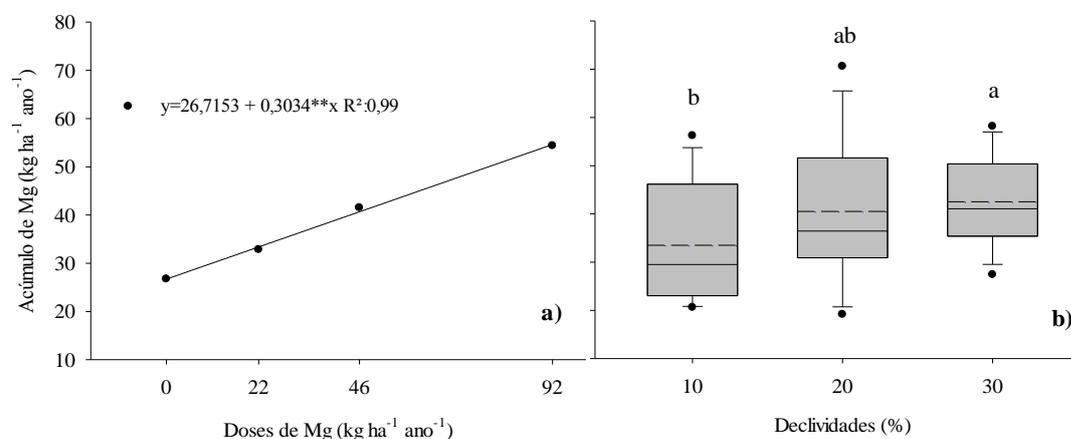


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Com a adição de DLS no ano de 2018, tem-se efeito de doses com comportamento linear na absorção de Mg, com eficiência de utilização de 58% na maior dose (Figura 29a). Esta situação pode refletir problemas futuros no solo com a relação Ca:Mg, pois está ocorrendo a redução de Ca natural do solo e o aumento de Mg pelas altas quantidades adicionadas e baixa absorção pelas plantas.

Figura 29- Acúmulo de Mg em tifton 85 e azevém sob doses de DLS (a) e efeito de diferentes declividades (b) no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

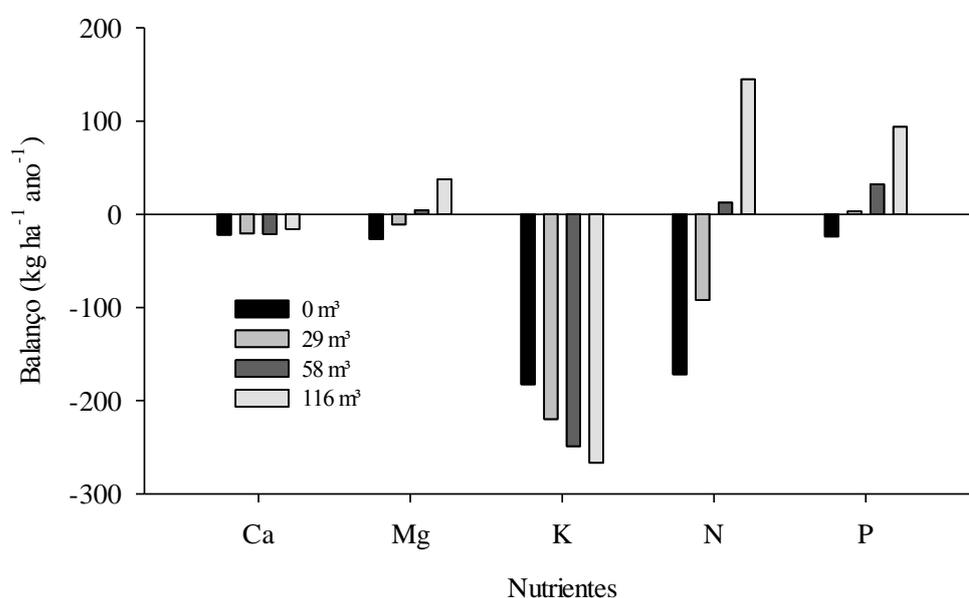


Linhas contínuas representam a mediana; Linhas tracejadas representam a média de cada declividade; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Após dois anos de cultivo, não houve mudança no comportamento do balanço de nutrientes (Figura 30). O que se destaca são as quantidades, onde o balanço negativo de K aumenta mais ainda, no entanto, ainda não se observa limitação causada por este nutriente, pois a medida que se aumenta a dose, há também o aumento da extração. Com o passar do tempo e com maiores extrações do K natural do solo poderá começar a ocorrer o esgotamento deste nutriente no solo, podendo assim ser um forte limitador de produção da pastagem futuramente.

Figura 30- Balanço de entrada via doses DLS e saída de nutrientes via extração por tifton 85 e azevém no ano de 2018 em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

3.4 CONCLUSÕES

O cultivo de pastagem em um CX apresenta respostas positivas sob aplicação de DLS na sua produção e qualidade nutricional da pastagem. Em situação de altos níveis de declividades sob doses altas de DLS, ocorre menor produção de MS e menores extrações de N, P, Ca e Mg nos primeiros anos de cultivo.

No Nitossolo Vermelho há aumento de produção de forragem e extração de nutrientes sob aplicação de DLS, no entanto, para declividades é ainda necessário maior tempo de pesquisa.

4. CAPITULO II- ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRACIONAMENTO DE FÓSFORO EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS E DECLIVIDADES SOB DOSES DE DLS.

4. 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o aumento da produtividade das culturas há necessidade de fornecimento de nutrientes pelo solo em quantidade suficiente. Quando o solo não consegue suprir a demanda, a complementação deve ser feita pelo uso de fertilizantes, podendo ser minerais ou orgânicos.

O uso de DLS é uma alternativa ambientalmente sustentável para descarte desse resíduo e que pode substituir os adubos minerais, representando grande potencial produtivo (MORAES et al. 2014). A quantidade a ser aplicada é determinada com base na porcentagem de matéria seca, na concentração de nutrientes e na taxa de eficiência do esterco ser transformado de formas orgânicas para minerais.

Para garantir que a fertilização com fertilizantes orgânicos seja sustentável e forneça uma disponibilidade adequada de nutrientes ao sistema solo-planta, são necessários critérios técnicos de recomendação. No entanto, uma vez que o volume de DLS produzido nas explorações de suínos é geralmente grande e os campos de cultivo são pequenos, os agricultores repetem frequentemente as aplicações de fertilizantes suínos nas mesmas áreas.

Estas recomendações necessitam da inserção de limites críticos de P (GATIBONI et al., 2015) para evitar aplicações excessivas e para obter os benefícios esperados nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e do rendimento das culturas (MAFRA et al., 2014; GRAVE et al., 2015).

No entanto, os fertilizantes químicos são previamente formulados e escolhidos para atender à especificidade do solo e a cultura do local. Isto não ocorre nos DLS, pois há vários nutrientes em quantidades desproporcionais em relação à necessidade da cultura. Assim, quando os DLS são aplicados sucessivamente, podem provocar incrementos excessivos na disponibilidade de alguns nutrientes no solo, enquanto outros podem ser adicionados em quantidades insuficientes em relação à demanda das plantas (SCHERER et al., 2010; CASSOL et al., 2011).

A partir disso, é de extrema importância conhecer as características do solo e da cultura onde será aplicado o DLS. Isso é dado pelo fato de as culturas apresentarem diferentes exigências em nutrientes e pelos solos possuírem características distintas em relação à capacidade de troca catiônica e do teor de argila e matéria orgânica.

A aplicação sucessiva de DLS pode promover o acréscimo nos teores de alguns elementos no solo, como os macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (LUO et al., 2009). Veiga et al., (2012) apresentam que com aplicações sucessivas durante nove anos de DLS em um Latossolo houve acúmulo de alumínio (Al) e P até a camada de 0,00- 0,20 m, e para K até 0,60 m. Isto ocorre devido a saturação dos sítios de ligação da camada superficial, promovendo assim a lixiviação de elementos no perfil do solo.

Em Cambissolo e Neossolo são observadas alta mobilidade de P e K no perfil, no entanto, em Latossolo não se observa este efeito para P (SCHERER et al., 2010).

Brunetto et al. (2012) observaram que em aplicações sucessivas de DLS durante oito anos em um Argissolo, houve acréscimo nos teores de Ca até a camada de 0,30 m na dose de 5.159 kg ha⁻¹ de Ca na forma de DLS. Já para Mg ocorreu diferença entre as doses somente na camada de 0,20-0,30 m na maior dose, isto porque foi a única dose superior ao que foi extraído pela planta cultivada.

Pandolfo e Veiga (2016), em um Latossolo sob aplicação de DLS também observaram acúmulo de N em doses de DLS de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, e para P, K, Ca e Mg em doses de 100 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS nas camadas superficiais. Este acúmulo pode promover desbalanço de nutrientes no solo devido a maior entrada do que saída de nutrientes, podendo gerar poluição ambiental, especialmente pela lixiviação de N na forma de nitrato (CERETTA et al., 2003).

É comumente relatado o acúmulo de nutrientes no solo e, conseqüentemente, nas culturas cultivadas em locais com aplicações de DLS (CASSOL et al., 2012; SARTOR et al., 2012; SCHERER et al., 2012; MENEZES et al., 2018).

Este acréscimo de nutrientes no solo acaba sendo limitado às primeiras camadas do perfil, havendo enriquecimento excessivo dos nutrientes (CASSOL et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017). Dentre os nutrientes que apresentam este acúmulo, se destaca o P, por ser um elemento de baixa mobilidade no solo. Estando principalmente em formas inorgânicas (GATIBONI et al., 2008), favorecendo assim, seu transporte por enxurradas para os mananciais de águas, onde pode causar a eutrofização (CERETTA et al., 2005; GATIBONI et al., 2015).

A alta concentração de P no DLS e conseqüentemente no solo, se deve principalmente à alimentação utilizada para os suínos, que é composta de formulações de ração a base de milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*). No entanto, a principal forma de P nas sementes e grãos é ácido fítico, ou também chamado de fosfato de inositol (RABOY, 2003), o qual para ser utilizado, é necessário que o ânion fosfato (PO₄⁻³) seja clivado do complexo orgânico (inositol), um processo catalisado pela enzima fitase (SHIN et al., 2001). Tal enzima necessária é produzida em baixas concentrações por animais monogástricos e, a partir disso, ocorre baixa

eficiência na utilização de P presente nos grãos (<15% para suínos), gerando assim resíduos com alta concentração de P (CUNHA, 2012).

O uso de DLS como fertilizante pode, com o tempo, aumentar o P disponível do solo até 15 cm de profundidade em solos de textura arenosa, isto porque a quantidade aplicada de P é superior a exportada pela cultura (BERWANGER et al., 2008). No entanto, nem todo o P aplicado via DLS está prontamente disponível para as plantas, devido a sua capacidade de adsorção em certa medida por vários componentes do solo (FINK et al., 2016). A partir disso, é necessário que as doses de dejetos suínos e de outros resíduos devam ser relacionadas à reposição da exportação de nutrientes pelas culturas (KONZEN, 2003), os teores de matéria seca e nutrientes e o índice de eficiência agrônômica do adubo orgânico (CQFS/RS-SC, 2016).

A dinâmica do P nos solos é fortemente influenciada pelas fases sólidas orgânicas e inorgânicas, pela atividade biológica e pelos fatores ambientais, na medida que solos altamente intemperizados contêm naturalmente baixos níveis de P disponíveis para as plantas e têm elevada capacidade de adsorção (CAMPOS et al., 2016).

Em solos submetidos à aplicação de dejetos, o acúmulo do P normalmente é mais pronunciado nas frações inorgânicas (GATIBONI et al., 2008) pois a maior parte do P do resíduo já se encontra em frações inorgânicas no próprio resíduo (CASSOL et al., 2001). Ainda, as sucessivas aplicações de DLS aumentam o acúmulo de P em frações predominante lábeis no solo, representando maior risco potencial de contaminação de águas superficiais e Pisubsuperficiais (CERETTA et al., 2010). Além disso, o acúmulo de P ocorre principalmente na superfície dos agregados do solo, contribuindo para a saturação mais rápida dos sítios de adsorção e aumentando o potencial de poluição com o nutriente (GATIBONI et al., 2018).

Com 19 aplicações de DLS em um solo arenoso por um período de 93 meses Lourenzi et al. (2013) identificaram o deslocamento de P total até 30 cm e P disponível até camadas mais profundas, aumentando o teor disponível deste nutriente. Da mesma forma, Ceretta et al. (2010) constataram que os teores de P nas frações fósforo inorgânico (Pi) Resina, e Pi NaHCO₃ aumentaram linearmente com o aumento na dose de DLS aplicada, sendo o maior efeito das doses de DLS nas camadas superficiais, o que, segundo os autores, era esperado em razão da forma de aplicação dos dejetos e da ausência de preparo do solo. Ainda, para os mesmos autores, o teor de P na fração de fósforo orgânico (Po) NaHCO₃, no entanto, não aumentou com as doses de DLS, e, entre os teores de P extraídos por hidróxido (NaOH), as frações Pi e Po NaOH foram as mais representativas do acúmulo de P em razão da aplicação das doses de DLS, tendo ocorrido modificações menos expressivas nas frações Pi NaOH 0,5 mol L⁻¹ e Po NaOH 0,5 mol L⁻¹.

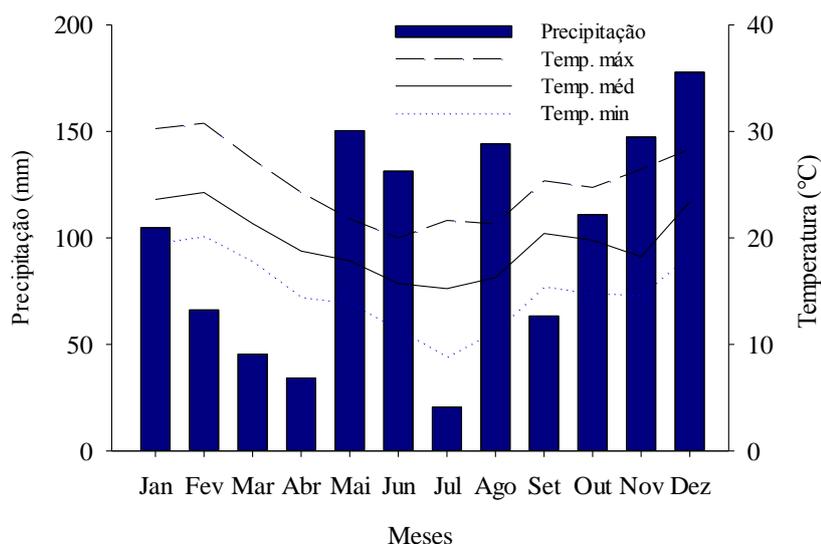
Bonfada (2017) demonstrou que em um Cambissolo Háplico a aplicação de DLS promove aumento não somente nas frações lábeis, mas também em algumas frações moderadamente lábeis e até não lábeis, como o Pi-HCl. No entanto, em mesma condição, no NV devido à alta capacidade de adsorção que este solo possui, além das perdas que se tornam maiores por escoamento (DALL'ORSOLETTA, 2018).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Localização das áreas experimentais

Foram conduzidos dois experimentos a campo, sendo o experimento I localizado na Região do Alto Vale do Rio Itajaí, no município de Rio do Sul (SC), na área experimental do Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus de Rio do Sul, que possui clima Cfa, segundo a classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). Os dados meteorológicos do período de avaliação do experimento coletados na estação da EPAGRI/CIRAM do município de Ituporanga (SC) são apresentados na Figura 31 no período 01/jan a 31/dez/2017.

Figura 31- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Dez/2017, Ituporanga (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 15, 25 e 35%, onde o solo do local é classificado como Cambissolo Háplico (CX) (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física conta na Tabela 9.

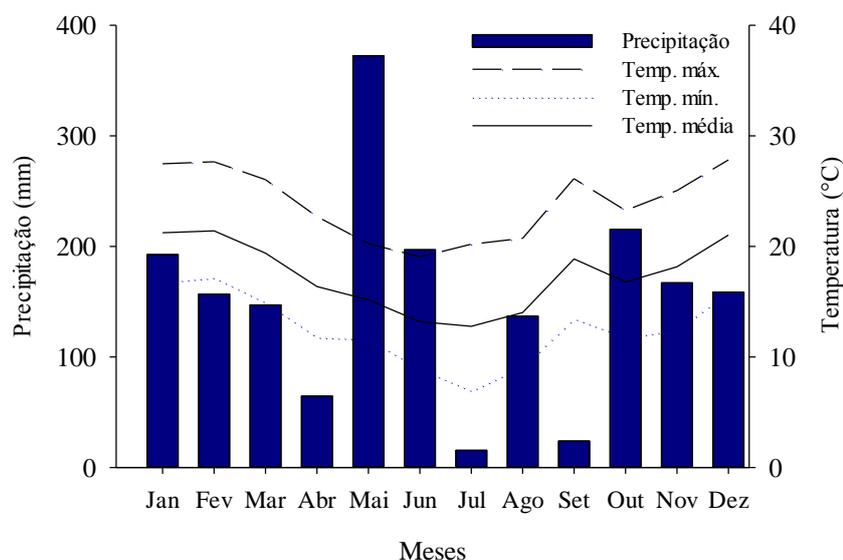
Tabela 9- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Cambissolo Háptico, Rio do Sul (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995).

Parâmetros	Declividades (%)			Média
	15	25	35	
Argila (%)	23,7	22,0	21,8	22,5
Silte (%)	43,0	41,9	47,3	44,1
Areia (%)	33,3	36,1	30,9	33,4
MO (%)	2,4	2,2	2,1	2,2
pH - H ₂ O	5,5	5,3	5,8	5,5
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,98	2,66	3,32	3,0
Mg (cmolc dm ⁻³)	3,48	2,76	2,85	3,0
Mn (mg dm ⁻³)	18,28	14,75	21,32	18,1
Al (cmolc dm ⁻³)	0,61	0,70	0,39	0,6
H + Al (cmolc dm ⁻³)	5,73	4,98	3,87	4,9
Índice SMP	5,8	5,9	6,2	5,9
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	3,51	3,49	2,92	3,3
K (mg dm ⁻³)	70	66	55	63,8
m (cmolc dm ⁻³)	9,02	11,54	6,40	9,0
V (%)	53,88	52,84	62,14	56,3
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	7,25	6,29	6,70	6,7
CTC pH7,0 (cmolc dm ⁻³)	12,37	10,56	10,19	11,0

Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

O Experimento II foi conduzido na Região do Vale do Rio do Peixe e Planalto Central, no município de Campos Novos (SC), na área experimental do campus da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), que possui clima Cfb, segundo classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). Os dados meteorológicos do período de avaliação do experimento coletados na estação da EPAGRI/CIRAM do município de Campos Novos (SC) são apresentados na Figura 32 no período 01/jan a 31/dez/2017.

Figura 32- Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Dez/2017, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 10, 20 e 30%, onde o solo é classificado como Nitossolo Vermelho (NV) (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física é apresentada na Tabela 10.

Ambos os experimentos possuem delineamento em blocos casualizados em faixas (faixas de declividades), com três repetições. Cada experimento possui 36 parcelas, os quais totalizam 72 unidades experimentais.

As declividades no Experimento I foram ajustadas com o revolvimento do solo e uso de grade niveladora. No Experimento II foram construídas com auxílio de uma máquina escavadeira e uma máquina motoniveladora.

Quanto da escolha das áreas experimentais, no ano de 2015, em ambos os experimentos foi realizada a correção da acidez do solo com aplicação de calcário na superfície do solo e sem incorporação para elevar o pH do solo a 5,5 (CQFS – RS/SC, 2004).

Tabela 10- Caracterização química e física do solo, na camada de 0,00 - 0,10 m no início do experimento (2015) em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC), determinadas seguindo metodologias por Tedesco et al. (1995).

Parâmetros	Declividades (%)			Média
	10	20	30	

Argila (%)	64,5	64,2	64,1	64,2
Silte (%)	34,2	34,9	34,6	34,6
Areia (%)	1,3	0,9	1,3	1,2
MO (%)	3,0	2,5	3,4	3,0
pH - H ₂ O	6,4	6,4	6,1	6,3
Ca (cmolc dm ⁻³)	6,56	5,72	5,66	6,0
Mg (cmolc dm ⁻³)	4,67	4,86	4,09	4,5
Mn (mg dm ⁻³)	9,04	6,84	23,39	13,1
Al (cmolc dm ⁻³)	0,07	0,08	0,08	0,1
H + Al (cmolc dm ⁻³)	3,37	3,01	4,04	3,5
Índice SMP	6,2	6,3	6,1	6,2
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	5,32	3,28	10,47	6,4
K (mg dm ⁻³)	125	122	117	121,3
m (cmolc dm ⁻³)	0,63	0,72	0,80	0,7
V (%)	77,16	78,15	71,05	75,5
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	11,62	10,82	10,14	10,9
CTC pH7,0 (cmolc dm ⁻³)	14,92	13,90	14,09	14,3

Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

Nos locais, foram realizados cultivos de tifton 85 (*Cynodon sp.*) no verão em parcelas de 4,25m², sendo realizados cortes periodicamente. As mudas foram adquiridas de fornecedor comercial, das quais eram pré-brotadas e enraizada. O transplante das mudas para o solo foi em espaçamento de 0,25 x 0,25 m, com densidade de 16 plantas/m², sendo realizado o plantio em 12 de março de 2015 no Experimento I e 14 de novembro de 2015 no Experimento II.

Para o ano de 2016 após a pastagem estar instalada, foram realizadas quatro aplicações de DLS, sendo as doses totais 0 (zero), 43, 87 e 172 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P, que equivalem a aproximadamente 0 (zero), 45, 90 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS, respectivamente. Os resultados de produção de forragem e efeitos no solo relativos ao ano de 2016 foram apresentados por Bonfada (2017).

No ano de 2017, já objeto de discussão da presente dissertação, foi realizada a semeadura de azevém para pastagem de inverno, e posteriormente foram realizadas duas aplicações de DLS, sendo as doses totais de 0 (zero), 33, 66 e 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS (Tabela 11), com suas respectivas características químicas expostas na Tabela 12. Foram realizadas apenas duas aplicações neste ano pois o DLS usado na segunda aplicação tinha elevado conteúdo de matéria seca e nutrientes (Tabela 11).

Tabela 11- Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos no ano de 2017.

Solo	Aplicação	Data	IA ¹	DAPA ²
Cambissolo	1	14-jan-17	-	0
	2	23-mar-17	68	68
Nitossolo	1	14-jan-7	-	0
	2	23-mar-17	68	68

¹ IA - intervalo de aplicações;

² DAPA - dias após a primeira aplicação de DLS

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 12- Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados em 2017.

Solo	Nº. Aplicação	MS	N	P	K	Ca	Mg
		%	----- kg m ⁻³ -----				
CX/NV	1	0,59	0,50	0,15	0,10	0,07	0,12
CX/NV	2	10,7	8,40	4,63	1,85	0,88	3,84
Dose de DLS (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)		----- kg ha ⁻¹ -----					
	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33		128,06	68,41	28,01	13,75	56
	66		256,12	136,81	56,02	27,5	113
	132		512,24	273,63	112,05	55,0	226

CX- Cambissolo Háplico; NV- Nitossolo Vermelho

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A coleta das amostras de solo foi realizada após a aplicação dos tratamentos, a qual foi realizada em 18 de janeiro de 2018 no NV, e dia 23 janeiro de 2018 no CX, sendo 369 e 374 dias após a primeira aplicação de DLS, respectivamente.

Foi realizado com trado calador, composta de três subamostras por parcela, seguindo croqui específico para não haver sobreposição de coletas anteriores, atuais e futuras.

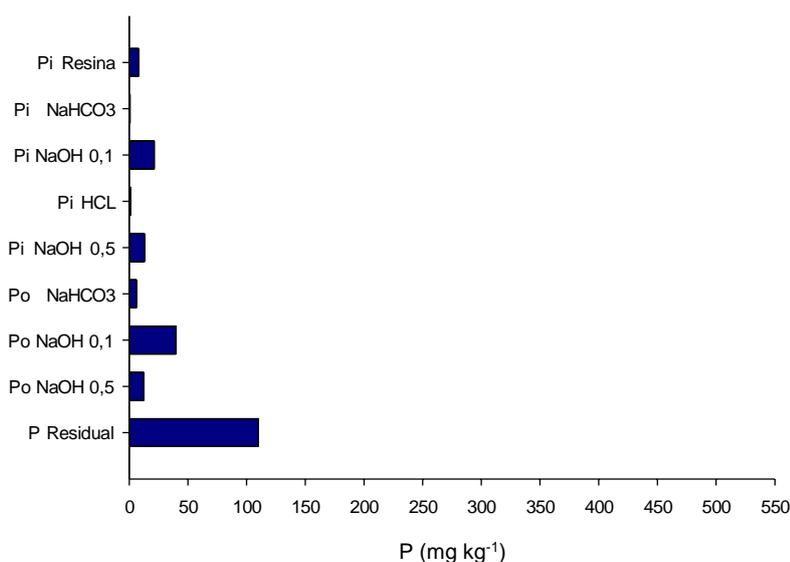
A análise do solo foi efetuada utilizando metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Os teores de P, K foram extraídos por solução de Mehlich 1, sendo o P determinado por Murphy & Riley (1977), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU) e K por fotometria de chama (DM-62, DIGIMED); Ca, Mg, e Al foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AAAnalyst 200, PERKINELMER); Carbono orgânico (CO), por solução sulfocrômica determinada por espectrofotometria a 645 nm (UV-1800, SHIMADZU), sendo os valores multiplicados pelo fator de 1,724 para conversão em matéria orgânica (MO), pH-H₂O e pH-SMP foram

determinados em medidor de pH (DM-22, DIGIMED) com eletrodo de pH (DME-CV1, DIGIMED), por metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

As amostras de solo iniciais e finais foram submetidas ao fracionamento químico do P do solo pelo método proposto por Hedley et al. (1982), com as modificações de Condon et al., (1985), descrito a seguir: amostras de 0,500 g de solo foram extraídas, sequencialmente, com resina trocadora de ânions P Resina, NaHCO_3 0,5 mol L^{-1} , NaOH 0,1 mol L^{-1} , HCl 1,0 mol L^{-1} e NaOH 0,5 mol L^{-1} . Após as extrações, o solo remanescente foi seco em estufa e submetido à digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ (BROOKES & POWSON, 1981). O fósforo inorgânico (Pi) dos extratos alcalinos de NaHCO_3 e NaOH foi analisado pelo método de Dick & Tabatabai (1977). Nos extratos alcalinos foi determinado o fósforo total (Pt) por digestão com uma solução de persulfato de amônio + ácido sulfúrico em autoclave (USEPA, 1971), sendo o fósforo orgânico (Po) obtido pela diferença entre fósforo total e fósforo inorgânico. O fósforo dos extratos ácidos foi determinado segundo a metodologia de Murphy & Riley (1977). A caracterização inicial das frações de P do solo, do CX e do NV são apresentados nas Figuras 33 e 34, respectivamente.

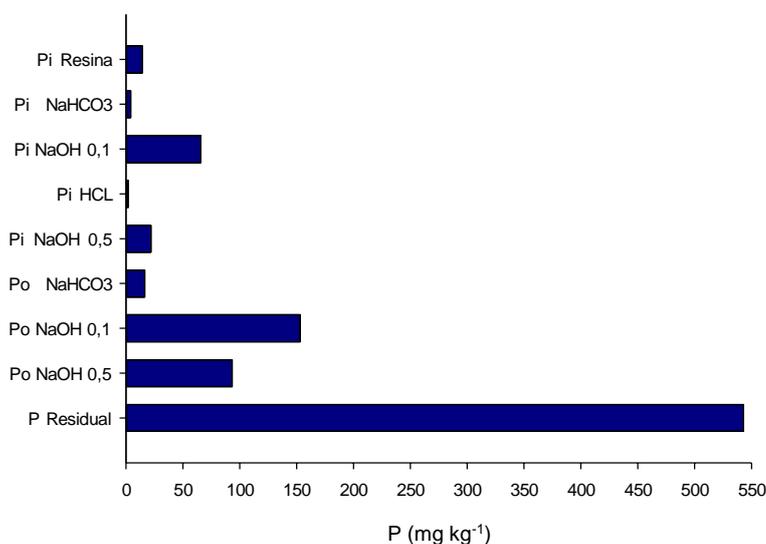
Para a interpretação dos resultados obtidos no fracionamento, as formas de P foram classificadas em lábeis (Pi Resina, Pi NaHCO_3 e Po NaHCO_3), moderadamente lábeis (Pi NaOH 0,1M, Po NaOH 0,1M, Pi NaOH 0,5M e Po NaOH 0,5M) e não-lábeis (Pi HCl e P Residual).

Figura 33- Caracterização química inicial das frações de P do solo em mg kg^{-1} , na camada de 0,00 a 0,10 m no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

Figura 34- Caracterização química inicial das frações de P do solo em mg kg^{-1} , na camada de 0,00 a 0,10 m no Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, o efeito das declividades foi comparado pelo Teste de médias de Tukey ($P < 0,05$), e as doses por regressão simples. Empregou-se o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014) para as análises estatísticas e o software SigmaPlot 12.5 para elaboração dos gráficos.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Atributos químicos do solo

A seguir, são apresentados os atributos químicos do solo no CX na camada de 0,0 a 0,10m, em que para MO em níveis de 15% de declividade houve maior acúmulo em relação a declividade de 35%, com aproximadamente 34% a mais de MO na declividade de 15%. Além disso, a declividade de 15% foi a única que apresentou acréscimo nos teores de MO em relação a análise inicial de caracterização do experimento (Tabela 13), diferentemente das demais em que houve redução nos teores.

Tabela 13- Parâmetros químicos do solo na camada 0-10 cm coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

	Declividades (%)			CV (%)	Doses de DLS
	15	25	35		
MO (%)	2,52 a	1,88 ab	1,69 b	15,8	Ns
pH-Água	5,55	5,56	5,67	5,53	Ns

Ca (cmol _c dm ³)	3,72	3,61	4,13	31,1	Ns
Mg (cmol _c dm ³)	2,29	2,51	2,80	25,8	Ns
Al (cmol _c dm ³)	0,95	0,74	0,61	102	Ns
H+Al	6,36	5,25	4,90	47,2	Ns
P- Mehlich (mg/dm ³)	25,48	29,65	27,12	50,3	y= 0,5065+ 0,4661***x R ² :0,97
K (mg/dm ³)	54,91	65,25	63,41	26,9	Ns

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Após aplicações de DLS no CX, observa-se efeito somente para os teores de P no solo (Tabela 13). A cada m³ de DLS adicionado observa-se aumento de 0,4661 mg dm⁻³ na camada de 0-10 cm, então, considerando que foram adicionados na maior dose 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, gera-se valores de aproximadamente 62,03 mg dm³ de P neste local.

A partir disso, é importante salientar que estes valores de P no solo estão próximos ao limite crítico ambiental de P (LCA-P) que é o teor de fósforo disponível que representa seu limite crítico ambiental (GATIBONI et al., 2015). Considerando que as aplicações de DLS são realizadas superficialmente, há grandes chances de parte deste P estar sendo perdido por escoamento superficial, ou, em uma situação de saturação de sítios de ligação, estando propício a passar por processos de lixiviação para camadas mais profundas do solo, sendo que é o principal elemento associado a problemas de eutrofização de águas (WANG, 2016).

Não houve efeito de aplicações de DLS no pH do solo e nos teores de H +Al (Tabela 13). Segundo Ernani (2008), a concentração líquida de íons de hidrogênio na solução do solo é aumentada se o NO₃⁻ não é absorvido pelas plantas, isto porque não haverá a liberação de hidroxilas pelas raízes na solução do solo. Este efeito é importante quando utilizado DLS de lagoas anaeróbicas, no entanto, quando aplicado o DLS no solo, o processo de nitrificação é rápido, estando totalmente oxidado nos 20 dias após aplicação (AITA et al., 2007), não apresentando assim diminuição no pH. Resultados semelhantes foram observados por Scherer et al., (2007), onde não encontraram efeito na acidez do solo após quatro anos de aplicação de DLS. Inclusive, Lourenzi et al. (2011), após dezenove aplicações semestrais de DLS identificaram aumento do pH em um Argissolo Vermelho. A partir disso, é possível ocorrer alterações no pH em situação de longo prazo de aplicação de DLS (DORTZBACH et al., 2014).

Quando são avaliados os cátions (K, Ca e Mg) após aplicação de DLS em um CX, não se observa efeito significativo para doses (Figura 13). Este efeito não identificado se deve principalmente aos altos valores destes elementos naturalmente ou sob efeito da calagem anteriormente realizada. Para K, é relevante destacar que as quantidades aplicadas também são baixas em relação ao que a planta é capaz de extrair.

Para a camada de 0,10 a 0,20 m, não se identifica efeito para o fator declividade nos atributos químicos do solo (Tabela 14).

Com adição de doses de DLS, houve somente efeito nos teores de P no solo (Tabela 14). Este efeito apresentou comportamento linear, chegando a 4,77 mg dm³ de P na maior dose de DLS, desconsiderando o P natural do solo, sendo resultados semelhantes encontrados por Lourenzi et al. (2013) em um solo com 170 g kg⁻¹ de argila após 19 anos de aplicação na dose de 80 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS.

Tabela 14- Parâmetros químicos do solo na camada 10-20 cm coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

	Declividades (%)			CV %	Doses de DLS
	15	25	35		
MO	1,14	0,88	0,69	58,15	ns
pH	5,10	5,11	5,18	6,43	ns
Ca (cmol _c dm ³)	1,39	1,32	1,67	56,57	ns
Mg (cmol _c dm ³)	1,09	1,17	1,56	64	ns
Al (cmol _c dm ³)	3,52	3,52	3,44	33,75	ns
H + Al	12,8	13,1	12,1	55,60	ns
P - Mehlich (mg/dm ³)	4,77	4,74	4,36	49,38	y=2,2488 + 0,0412**x R ² : 0,98
K (mg/dm ³)	37,8	34,2	34,6	26,7	ns

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01);

(CV) coeficiente de variação;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Em um NV na camada de 0,00 a 0,10 m sob cultivo de pastagem, houve efeito significativo para o fator declividade nos teores de MO, H+Al e K (Tabela 15).

Para a MO há maior acúmulo na declividade de 30%, diferindo-se da declividade de 20%, porém, a de 10% não diferiu das mesmas. Quando se avalia os teores de MOS iniciais do experimento, nota-se que já havia esta diferença de teores naturalmente em ambas declividades (Tabela 9), o que mudou foi que com o passar dos dois anos de cultivo de pastagem no local ocorreu um acréscimo em ambas declividades de aproximadamente 11%.

Em solos que apresentam manejo de não revolvimento, ou também chamado de sistema de plantio direto, pode com o passar do tempo apresentar acúmulo de MO, principalmente nas camadas mais superficiais (BATLLE-BAYER et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Este efeito se deve pela diminuição da taxa de decomposição microbiana da MOS pela diminuição da temperatura e aeração do solo, causado pelo aumento da cobertura do solo e a não incorporação dos resíduos vegetais (POTES et al., 2010).

Este aumento da MO pode com o tempo apresentar influências na acidificação do solo causando um desequilíbrio, com balanço positivo, dos ciclos do C e do N, podendo ser

percebido na acidez ativa, mas, sobretudo, na acidez potencial (BOLAN et al., 2003). Avaliando isto, percebe-se que a declividade de 30% que apresentou maiores teores da MO, também apresenta maiores valores na acidez potencial do solo (H+Al) (Tabela 15).

Tabela 15- Parâmetros químicos do solo na camada 0- 10 coletados em jan/2018 sob diferentes declividades após aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

Parâmetros	Declividades (%)			CV (%)	Doses de DLS
	10	20	30		
MO	3,34ab	2,96 b	3,78 a	12	$y = 3,1480 + 0,0037^{**} x$ R ² : 0,88
pH- H ₂ O	6,82	6,62	6,62	2,8	ns
Ca (cmol _c dm ³)	10,73	9,21	9,88	19,8	ns
Mg (cmol _c dm ³)	7,13	6,76	7,37	9,4	$y = 6,4046 + 0,0118^{**} x$ R ² :0,93
Al (cmol _c dm ³)	0,07	0,07	0,06	24	ns
H + Al (cmol _c dm ³)	2,53 b	2,91 ab	3,31 a	12,2	ns
P - Mehlich (mg/dm ³)	32,58	45,77	52,06	53	$y = 3,8348 + 0,6864^{**} x$ R ² :0,97
K (mg/dm ³)	111,3b	205,1 a	176,8a	20,5	$y = 197,28 - 0,5687^{**} x$ R ² :0,99

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

As concentrações de K no solo na camada 0,00 a 0,10 m no NV nas declividades de 20% e 30% são superiores do que na declividade de 10% (Tabela 15), sendo um resultado não esperado devido estas declividades apresentarem maior produção de matéria seca e assim promoverem maior extração de nutrientes. No entanto, Lorenz & Rogler (1967), relatam que com a constante retirada de parte aérea de plantas forrageiras há um estímulo no crescimento de suas raízes e que isto contribui no aumento do solo rizosférico e na exudação de ligantes orgânicos. Estes por sua vez, apresentam efeito na mobilidade dos cátions básicos no perfil (LI & HUE, 1996). Além disso, em locais onde há maior produção de massa seca, consequentemente há maior presença de resíduos remanescentes, e estes, por sua vez, aliados a ausência de revolvimento, podem promover a mobilização de cátions no solo (MARTINS, 2013).

A aplicação de DLS no NV promoveu efeito nos teores de MO, Mg, P e K na camada de 0,00 a 0,10 m (Tabela 15).

Com a adição de doses de DLS, promoveu-se acréscimo nos teores de MO, chegando a valores próximos a 3,62 % de MOS. Isto pode ter ocorrido devido à alta matéria seca presente no DLS utilizado que foram 0,59 e 10,7% para a primeira e segunda aplicação de DLS, respectivamente, resultando assim uma adição de 3 ton ha⁻¹ de carbono na dose de 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Aliado a isso, devido a maior produção de matéria seca da pastagem se gera

consequentemente maior quantidade de resíduos no solo como folhas e raízes, além também de exsudatos radiculares.

Para Lourenzi (2010) a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) nas doses de 20 a 80 m³ ha⁻¹ promoveu, durante oito anos, aumento no teor de MO. Diferentemente para Agne e Klein (2014), a aplicação de até 240 m³ de DLS contendo 1,72% de matéria seca não foi suficiente para o aumento da MOS. Isto se deve ao valor muito abaixo de matéria seca presente no DLS, sendo muito inferior ao valor padrão de 6% que é considerado ideal para o DLS de boa qualidade (SCHERER et al., 2010).

Os teores de Mg apresentaram comportamento linear quando submetidos a aplicação de DLS no NV na camada de 0,0 a 0,10 m (Tabela 15). Isto se deve a alta concentração deste nutriente presente no DLS, que somente no ano de 2017 recebeu 56,113 e 226 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg em 33,66 e 132 m³ de DLS aplicados, respectivamente. Estas quantidades de Mg adicionadas são superiores as dosagens de Ca que foram de 0, 13, 27 e 55 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Ca, não favorecendo assim o aumento dos teores de Ca no solo com doses de DLS pela baixa concentração, e pela extração realizada pela pastagem no local. Além disso, há possibilidade de formação de compostos minerais com fosfatos ou a maior adsorção de Ca na MOS, o que dificulta a estimativa por extrator KCl 1 mol L⁻¹ (LOURENZI et al., 2011).

As concentrações de P também apresentaram aumento sob doses de DLS com comportamento linear na camada 0,0 a 0,10 m (Tabela 15). Isto se deve a alta concentração de P no DLS, que na dose de 0,33, 66 e 132 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ foram adicionados 0, 68, 137 e 274 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P, respectivamente. Considerando que 60% do P está em formas inorgânicas (CASSOL et al., 2001), este é adsorvido predominantemente pelo mecanismo de troca de ligante. Isso ocorre principalmente em locais de adsorção com maior avidéz por íons fosfato formando ligações de alta energia e resultando em baixa quantidade na solução do solo. No entanto, a adição de altas quantidades de P no solo causa redução na capacidade de adsorção dos sítios de adsorção do solo (ADELI et al., 2008). Como resultado, os íons fosfato são adsorvidos com menor energia de ligação, aumentando sua concentração na solução do solo (MCDOWELL et al., 2001) e sua transferência por escoamento superficial (CERETTA et al., 2010).

Aplicações de doses de DLS promoveram alterações nas concentrações de K no solo (Tabela 15), apresentando redução nos teores no solo com comportamento linear. No momento em que se utiliza o DLS, 100% do K presente está prontamente disponível na forma mineral (CERETTA et al., 2003). Todavia, o K aplicado ao solo forma ligações iônicas fracas com os grupos funcionais de superfície, promovendo assim baixos níveis de acúmulo no solo e

facilidade de perdas por lixiviação e escoamento (SCHERER et al., 2007). Além disso, este é um dos nutrientes mais absorvido pelas plantas, sendo exportado via grãos ou pela matéria seca em pastagens (CERETTA et al., 2003). A partir disso, considerando que as concentrações de K no DLS utilizado são baixas, e a extração de K pela pastagem implantada é alta, consequentemente o saldo se torna negativo.

É importante destacar que neste sistema há retirada total da matéria seca do local, mas em sistemas onde há a presença de animais realizando o pastejo, pode ser que ocorra maior ciclagem do K, pois até 90% do K ingerido pelo animal pode retornar ao solo via urina, na forma iônica, solúvel em água e prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas (HAYNES; WILLIAMS, 1993).

Para a camada de 0,10 a 0,20 m no NV, houve efeito da declividade nos teores de MO, P e K (Tabela 16).

A declividade de 30% apresenta teores de MO superiores em relação as demais declividades. Provavelmente é uma consequência de vários outros fatores como a fertilidade natural superior as demais declividades, e consequentemente há maior produção de matéria seca pela pastagem cultivada no local, acarretando assim em maior acúmulo de MO.

Da mesma forma, para K e P a declividade de 30% apresenta maiores concentrações em relação as demais (Tabela 16), e isto está provavelmente relacionado a fertilidade natural, aos altos níveis de resistência a penetração encontrados na declividade de 10% (Apêndice B), e não aos tratamentos.

Tabela 16- Parâmetros químicos do solo na camada 0,10- 0,20 m sob diferentes declividades com aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

	Declividades (%)			CV (%)	Doses de DLS
	10	20	30		
MO	2,55 b	2,67 b	3,25 a	11,3	ns
pH	5,72	5,85	5,84	4,5	ns
Ca (cmol _c dm ³)	4,61	5,88	6,57	29,36	ns
Mg (cmol _c dm ³)	2,86	3,75	3,72	18,4	ns
Al (cmol _c dm ³)	0,39	0,13	0,16	145	ns
Índice TSM	5,75	5,85	5,86	3,1	ns
P - Mehlich (mg/dm ³)	2,81 b	10,1 ab	13,35 a	60,7	y=5,4791 + 0,0566**x R ² :0,89
K (mg/dm ³)	27,08 b	83,75 a	77,83 a	17,8	ns

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Quando aplicado doses de DLS no NV, na camada de 0,10 a 0,20 m houve efeito somente nos teores de P no solo, apresentando aumento nos teores com resposta linear as doses

de DLS (Tabela 16). Mesmo o fósforo sendo considerado pouco móvel no solo, aplicações sucessivas em doses superiores às de saída, podem proporcionar a transferência de P solúvel por percolação. Isto porque a retenção de fosfato nesses solos ocorre pelo mecanismo de troca de ligantes, saturando os sítios de adsorção com maior avidéz pelo íon fosfato (BERWANGER et al., 2008). Como consequência, diminui-se a capacidade máxima de adsorção de P e mais íons fosfatos são adsorvidos com menor energia de ligação, aumentando o seu teor na solução do solo, que conseqüentemente poderão ser transportados a camadas inferiores (GUARDINI et al., 2012).

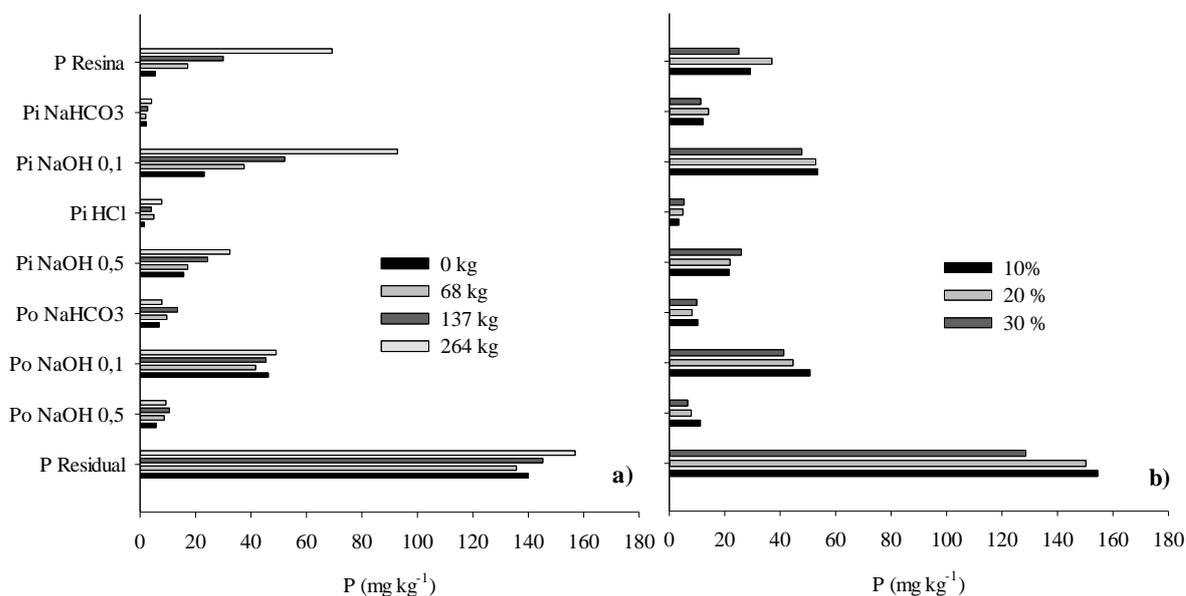
4.3.2 Alterações nas frações de fósforo no solo

Um ano após a aplicação de 0 (zero), 43, 87 e 172 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P na forma de DLS no ano de 2016, Bonfada (2017) observou que houve efeito significativo às doses na maioria das frações de P na camada 0,00 a 0,10 m, tendo acúmulo P nas frações inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis. Isto se deve ao menor teor de argila, que conseqüentemente não apresentou efeito nas frações de Pi NaOH 0,5 mol L⁻¹; Po NaHCO₃; Po NaOH 0,1 mol L⁻¹ e P residual. Além disso, não se identificou efeito expressivo no acúmulo de P em diferentes declividades neste solo.

Por outro lado, no NV, por ser um solo que apresenta maior teor de argila e conseqüentemente maior capacidade de retenção de P, houve efeito somente nos teores de Pi Resina o que particularmente já foi demonstrado em demais trabalhos. Para as declividades, de acordo com os dados do fracionamento inicial do solo, ou seja, sem aplicação de DLS (Apêndice D), apenas para a fração Po NaHCO₃ não houve efeito significativo entre as declividades, sendo que nas demais frações de P, a declividade de 30% foi superior às demais, demonstrando um efeito prévio à aplicação dos tratamentos.

A partir disso, após novas aplicações de DLS no ano seguinte (2017), observa-se, de maneira geral, que há incremento nos teores P nas frações inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis no CX na camada 0,00 a 0,10 m (Figura 35) e, diferentemente do ano anterior, é possível observar que as declividades estão apresentando efeito em algumas frações.

Figura 35- Frações de Fósforo, sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), e em diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A aplicação de DLS no CX sob diferentes declividades apresentou efeito significativo na fração de Pi Resina, havendo interação entre os fatores avaliados (Tabela 17). Avaliando cada declividade sob doses de DLS, nota-se que todas apresentam efeito linear, no entanto, é possível observar que a declividade de 35% demonstra incremento inferior em relação as demais, com acúmulo de 0,26, 0,27 e 0,16 mg kg^{-1} de P para cada kg de P adicionado via DLS nas declividades de 15, 25 e 35%, respectivamente. O menor incremento de P na maior declividade pode ser em decorrência do maior escoamento superficial e consequente arraste de fósforo (DALL'ORSOLETTA, 2018).

Já para doses, é possível observar que os teores das testemunhas reduziram em relação ao fracionamento inicial (Apêndice C), e isto se atribui a extração pelas plantas e a não reposição de P no local. Nas demais doses, identifica-se diferença significativa entre declividades. Para a dose de 137 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P, a declividade de 25% demonstra maiores teores de P em relação a de 35%, entretanto, a declividade de 15% não diferiu entre as mesmas.

Tabela 17- Teores de PiRTA, em mg kg⁻¹, no solo submetido a diferentes declividades, coletadas na camada de 0,0 – 0,10 m, após aplicações de doses de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

Declividades (%)	Doses de P (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Equação
	0	68	137	274	
15	6,33	12,14	22,51 ab	76,18	y= -2,0289 + 0,2615**x R ² :0,91
25	5,27	17,01	48,52 a	77,27	y= 4,2595 + 0,2735**x R ² : 0,97
35	4,83	22,44	18,86 b	54,25	y= 4,8380 + 0,1691**x R ² :0,90

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01);

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Além da fração Pi Resina, o Pi NaHCO₃ também apresentou diferença significativa entre declividades no CX na camada 0,0 a 0,10 (Tabela 18). Nesta fração, novamente a declividade de 35% apresenta menores teores de P em relação a declividade de 25%, no entanto, não difere da declividade de 15%.

Tabela 18- Frações de Fósforo moderadamente lábeis, em mg kg⁻¹, sob diferentes declividades, coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC),

	Declividades (%)			CV (%)	Doses de P
	15	25	35		
	----- mg kg ⁻¹ de P-----				
Pi NaHCO ₃	12,23 ab	14,14 a	11,37 b	13,84	y=2,0906 + 0,1816**x R ² :0,95
Pi NaOH 0,1M	53,57	52,81	47,82	15,48	y= 20,7248 + 0,5311**x R ² :0,99
Pi HCl	3,46	4,93	5,33	79,69	y=2,1333 + 0,0422**x R ² : 0,84
Pi NaOH 0,5M	21,62	21,91	25,99	20,34	y=15,3248 + 0,1359**x R ² :0,90
PO NaHCO ₃	10,27	8,211	9,92	16,13	ns
PO NaOH 0,1M	50,76	44,66	41,33	46,71	ns
PO NaOH 0,5M	11,23	7,93	6,65	67,34	ns

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Frações lábeis como as comentadas anteriormente (Pi Resina e Pi NaHCO₃) são responsáveis pelo suprimento de P pelas plantas, ou para a sua circulação no ambiente pelas águas de deflúvio ou de percolação (GATIBONI et al., 2007). Em virtude disso, chama-se a atenção da declividade de 35% apresentar menores teores nestas frações, pois pode ter perdido parte deste P via escoamento ou lixiviação, e assim poder gerar problemas ambientais pela contaminação de P.

A aplicação de doses de DLS promoveu incremento nas frações de Pi NaHCO_3 , frações moderadamente lábeis (Pi NaOH 0,1M, Pi NaOH 0,5 M) e não lábeis (Pi HCl) (Tabela 18). Isto se deve pelo DLS apresentar mais de 60% de seu P total na forma inorgânica (CASSOL et al., 2001).

Para a fração Pi NaOH 0,1M se destaca por apresentar maior acúmulo de P para cada $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P aplicado, diferentemente do ano de 2016 neste mesmo local, no qual a fração de Pi Resina apresentava em maior quantidade (BONFADA et al., 2017). Além disso, nas avaliações anteriores a fração Pi NaOH 0,5 não apresentava efeito sob aplicação de DLS. O que se percebe que com as sucessivas aplicações de DLS, o P também é acumulado em formas menos disponíveis para a planta, demonstrando assim que estas frações se tornam dreno de P.

Há incremento nos teores de Pi HCl quando submetido a doses (Tabela 18), no entanto, por não se tratar de um solo apatítico, os teores naturais desta fração são baixos e mesmo com doses de DLS o incremento é baixo em relação as demais frações. Isso se explica porque o extrator HCl extrai preferencialmente frações de P de fosfatos de cálcio (CROSS; SCHLESSINGER, 1995).

Frações orgânicas extraídas por NaHCO_3 , NaOH 0,1 e NaOH 0,5 não apresentaram efeito para declividades e doses de DLS (Tabela 18). Resultados estes semelhantes aos encontrados por Gatiboni et al. (2008). E isto pode ocorrer porque o acúmulo de P orgânico está condicionado ao aumento no teor de matéria orgânica, o que não ocorreu durante o período experimental. Além disso, parte destas frações podem estar relacionadas a compostos orgânicos de fácil decomposição, promovendo assim menor presença destas frações por serem facilmente mineralizadas (GATIBONI et al., 2007).

A fração de Pi Residual apresentou interação entre doses de DLS e declividade (Tabela 19). Avaliando cada declividade isoladamente, percebe-se que a declividade de 35% não foi representativa em nenhum tipo de regressão, apresentando uma média de $144,46 \text{ mg kg}^{-1}$ de P.

Já na declividade de 25% houve aumento no acúmulo desta fração quando submetida a doses de DLS, no entanto, apresenta um comportamento quadrático com o valor máximo acumulado de $199,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de P na dose de $215 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P.

Diferentemente das demais, a declividade de 15% apresenta redução nos teores desta fração quando submetida a doses de DLS. Isto na verdade não é uma redução, pois se for analisar no Apêndice D é possível observar que os valores na maior dose são próximos aos valores iniciais de P Residual. Através disso, é possível se dizer que nesta declividade quando não há fertilização ou doses baixas são aplicadas, o P Residual se torna dreno de P.

Tabela 19- P residual do solo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

Declividades (%)	Doses de P ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				Equação
	0	68	137	274	
15	187,15	167,85	125,33	137,67	$y=176,932 - 0,1873^{**}x$ $R^2:0,60$
25	92,37	122,69	200,48	185,60	$y=83,8331 + 1,0753^{**}x - 0,0025^{**}x^2$ $R^2:0,88$
35	140,37	116,61	109,97	147,43	$y=144,46$

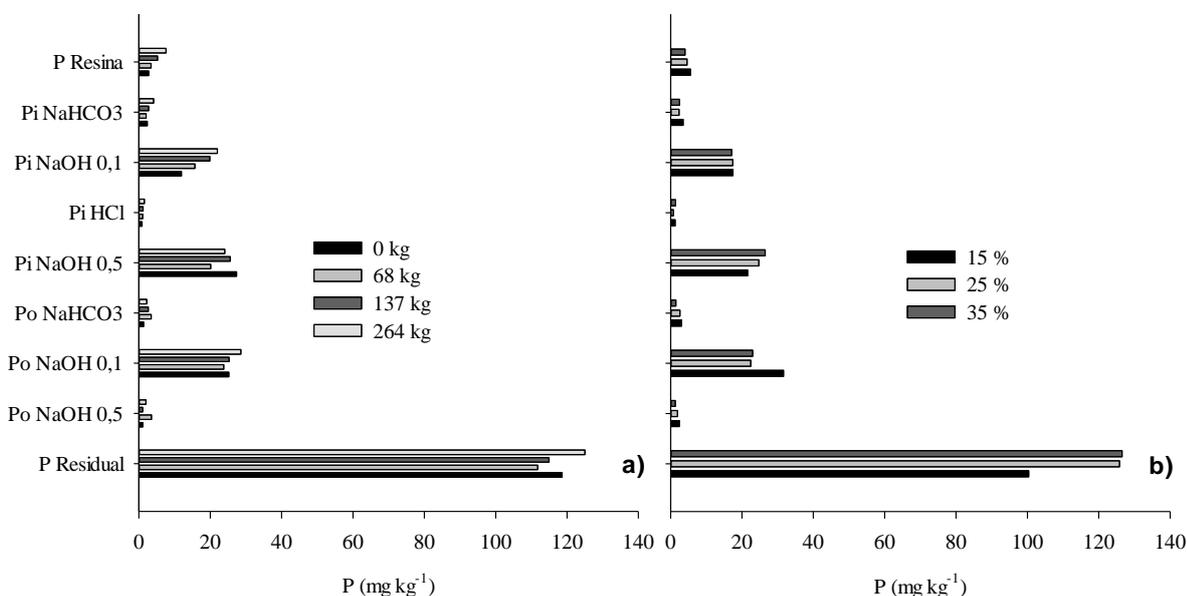
(ns) não significativo ($P<0,05$); (*) significativo ($P<0,05$); (**) significativo ($P<0,01$); (CV) coeficiente de variação;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

De forma simples, somando todas as frações de P para cada declividade e encontrando uma quantidade de P total, a declividade de 15% apresenta a mesma quantidade de P que as demais na maior dose, no entanto, com maior participação e distribuição nas suas frações lábeis e moderadamente lábeis (Apêndice D).

De forma genérica, é possível identificar efeito da aplicação de doses de DLS nas frações de P na camada 0,10 a 0,20 m no CX (Figura 36), no entanto, nesta situação ocorre uma variabilidade maior nos dados, não apresentando dados significativos. Da mesma forma também é vista para declividade nas frações de Po NaOH 0,1 e P Residual.

Figura 36- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Diferentemente da camada 0,0 a 0,10 m, nota-se mudanças nas frações da camada de 0,10 a 0,20 m para o fator declividade (Tabela 20). Isto porque identifica-se efeito significativo para frações orgânicas lábeis (Po NaHCO₃) e moderadamente lábeis (Po NaOH 0,1). Segundo Havlin et al. (2005), certos compostos orgânicos de P podem se mover para uma profundidade maior que o P inorgânico na solução do solo. E se tratando de um solo com menores sítios de adsorção, é possível que isto tenha ocorrido neste local na declividade 15%, principalmente por apresentar menores taxas de escoamento e maior infiltração (DALL'ORSOLETTA, 2018), facilitando assim maior presença destas frações na camada de 0,10 a 0,20 m.

Tabela 20- Frações de Fósforo, em mg kg⁻¹, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, após aplicações de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

	Declividades (%)			CV (%)	Doses de P ⁽¹⁾
	15	25	35		
P Resina	5,55	4,62	4,05	72,8	y=2,4893 + 0,0191*x R ² :0,98
Pi NaHCO ₃	3,50	2,37	2,50	48,67	ns
Pi HCl	1,27	0,78	1,40	87,3	ns
Pi NaOH 0,5M	21,58	24,73	26,52	42,5	ns
PO NaHCO ₃	3,08 a	2,60ab	1,47b	41,18	y=1,5863+0,0213*x -0,00007*x ² R ² : 0,62
PO NaOH 0,1M	31,64 a	22,45b	22,98 ab	23,8	ns
PO NaOH 0,5M	2,45	1,95	1,29	204	ns
P Residual	100,36	125,83	126,54	37,4	ns

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01);

(CV) coeficiente de variação, Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Além da declividade, houve efeito nas frações de P na camada 0,10 a 0,20 m sob doses de DLS (Tabela 20). Como visto na primeira camada, novamente a fração P Resina apresenta comportamento linear quando submetido a doses, com aumento de 0,0191 mg kg⁻¹ de P para cada kg de P adicionado via DLS. A partir disso, é relevante a atenção que se deve ter em solos com baixas quantidades de argila ao se aplicar DLS, pois há o incremento em frações lábeis que podem ser mais facilmente transferidas para os ambientes aquáticos, causando a eutrofização das águas (CORRELL, 1998).

A fração lábil Po NaHCO₃ também apresentou aumento sob doses de DLS, no entanto, com comportamento quadrático apresentando o acúmulo máximo de 2,94 mg kg⁻¹ de P na dose de 213 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P. Alguns ânions orgânicos produzidos a partir da decomposição da MO

podem formar complexos estáveis com Fe e Al, impedindo a reação com fosfato, promovendo assim trocas de P adsorvido em óxidos de Fe e Al. A partir disso, situações de sucessivas aplicações de DLS podem promover a presença destes compostos orgânicos de P que podem chegar a maiores profundidades (HAVLIN et al., 2005).

A fração de Pi NaOH 0,1 apresentou interação entre os fatores doses de DLS e declividades (Tabela 21). Avaliando cada declividade sob doses de DLS, é possível observar que somente a declividade de 15% se apresentou em uma regressão, sendo esta linear com aumento de 0,0543 mg kg⁻¹ de P para cada kg de P adicionado. Já as demais declividades de 25 e 35% não se adequaram a nenhuma equação, apresentando médias de 17,13 e 17,45 mg kg⁻¹ de P nesta fração, respectivamente.

Tabela 21- Fração Pi NaOH 0,1 do solo, em mg kg⁻¹, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 – 0,20 m, após aplicações de DLS no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

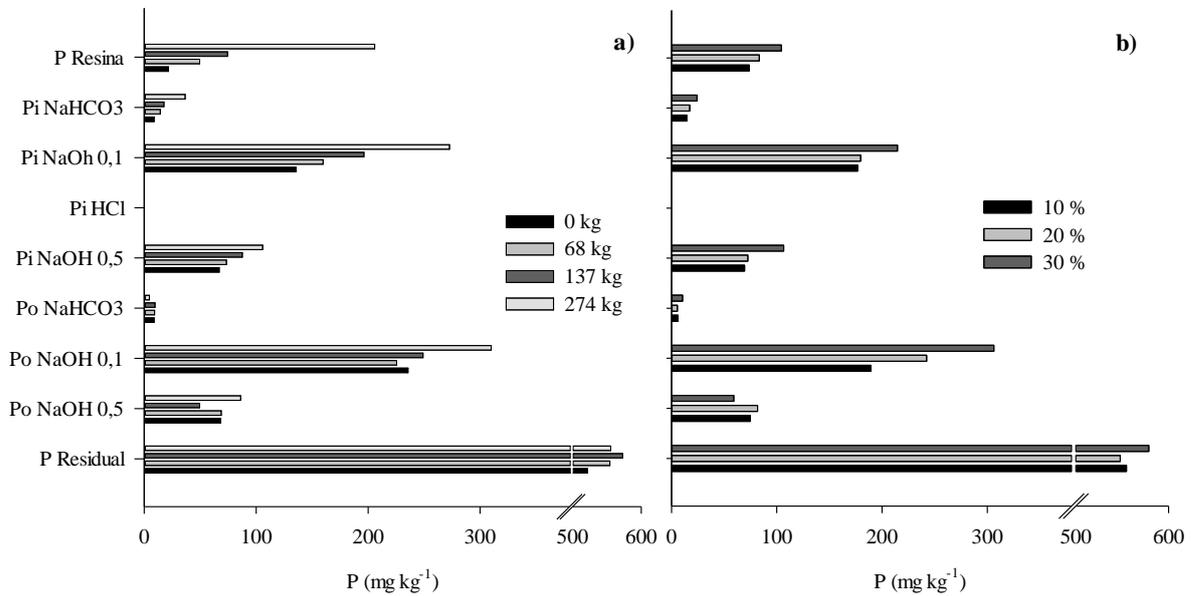
Declividades (%)	Doses de P (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Equação
	0	68	137	274	
15	11,63	15,60	15,77	26,97	y=10,9902 + 0,0543*x R ² :0,93
25	12,07	18,22	17,76	20,48	y=17,13
35	11,93	13,25	26,10	18,52	y=17,45

(ns) não significativo (P<0,05); (*) significativo (P<0,05); (**) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação;

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Já para o NV que apresenta 64% de argila, identifica-se que a aplicação de DLS está promovendo incremento nos teores de frações lábeis e moderadamente lábeis na camada de 0,0 a 0,10 m (Figura 37a). Aparentemente, a declividade de 30% está promovendo maiores acúmulo de frações (Figura 37b).

Figura 37- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

No NV na camada de 0,0 a 0,10 observa-se que há diferença significativa para declividades nas frações Pi NaOH 0,5M, Po NaOH 0,1M, Po NaHCO₃ e P Residual (Tabela 22). No entanto, estas diferenças continuam sendo semelhantes ao fracionamento inicial realizado em 2015, onde a declividade de 30% apresentava maiores teores em todas as frações avaliadas (Apêndice D). A diferença para agora é que as frações de P Resina, Pi NaHCO₃, Pi NaOH 0,1M, Pi HCl e Po NaOH 0,5M após o recebimento de DLS, não apresentam diferença significativa entre as declividades onde antes a declividade de 30% era superior. Pode ser que esteja ocorrendo maiores perdas por escoamento nesta declividade de 30% e assim, menor eficiência na utilização deste P aplicado, podendo futuramente ocorrer diferenças significativas para as outras declividades.

Neste mesmo solo na camada 0,0 a 0,10 nota-se efeito significativo nas frações inorgânicas lábeis e inorgânicas moderadamente lábeis sob doses de DLS (Tabela 22). Para essas frações houve comportamento linear nos teores de P, havendo maior participação na fração Pi Resina e Pi NaOH 0,1.

Tabela 22- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,00 - 0,10 m, após aplicações de DLS em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

	Declividades (%)			CV	Doses de P
	10	20	30		
	----- mg kg^{-1} de P-----			(%)	
Pi Resina	73,85	83,42	104,46	36,71	$y = 5,4684 + 0,6915^{**}x$ $R^2:0,94$
Pi NaHCO_3	14,41	17,33	24,35	49,20	$y = 6,4997 + 0,1031^{**}x$ $R^2:0,95$
Pi NaOH 0,1M	176,9	179,8	214,7	28,46	$y = 129,4329 + 0,5097^{**}x$ $R^2:0,99$
Pi HCl	0,138	0,128	0,243	55,73	$y = 0,0852 + 0,0007^{**}x$ $R^2:0,92$
Pi NaOH 0,5M	69,37 b	72,54 b	106,61 a	26,45	$y = 65,3387 + 0,1461^{**}x$ $R^2:0,99$
PO NaHCO_3	6,16 b	5,61 b	10,53 a	39,36	ns
PO NaOH 0,1M	189,3 b	242,3 ab	306,3 a	25,05	ns
PO NaOH 0,5M	74,78	81,70	59,17	66,08	ns
P- Residual	524,27 b	547,95 ab	578,68 a	5,13	ns

(ns) não significativo ($P < 0,05$); (*) significativo ($P < 0,05$); (**) significativo ($P < 0,01$);

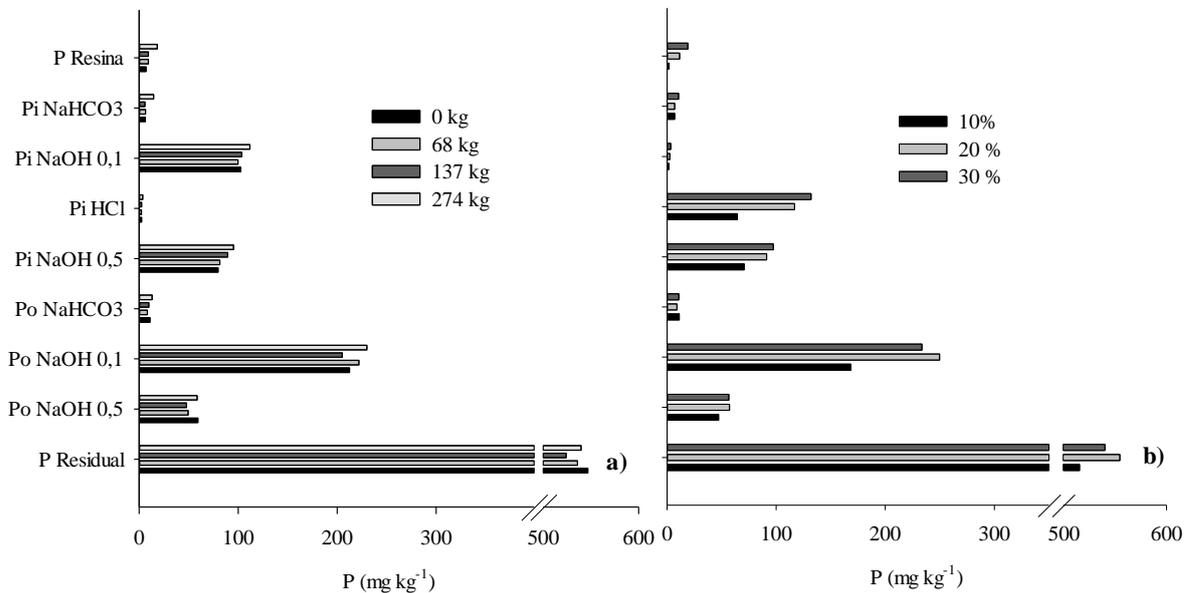
(CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Diferentemente do solo CX, neste NV o acúmulo na fração de Pi HCl é extremamente baixo, quase que insignificante em relação aos demais (Tabela 22).

A aplicação de doses de P na forma de DLS no NV não apresenta efeito expressivo nas frações de P (Figura 38a). No entanto, em níveis menores de declividade nota-se diferenças nas quantidades de cada fração de P em relação a declividade de 20 e 30% (Figura 38b).

Figura 38 - Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , sob doses de P na forma de DLS em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (a), em e diferentes declividades (b) coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, em um Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).



Para a camada de 0,10 a 0,20 m no NV, se observa que houve efeito da declividade do terreno nas frações de P (Tabela 23). Para as frações P Resina e Pi NaOH 0,1 apresentaram comportamento semelhante a primeira camada, onde a declividade de 30% continua apresentando maiores teores. Para doses de DLS não houve efeito significativo nas frações de P, pois devido ser um solo com maior quantidade de sítios de adsorção, necessita de maiores quantidades de P para ocorrer a saturação deste solo nas primeiras camadas, pois está atuando como dreno de P (NOVAIS et al., 2007).

O acúmulo de P no solo em frações de maior disponibilidade é observado neste trabalho, semelhante aos resultados de outros estudos reportados na literatura (QUEIROZ et al., 2004; CERETTA et al., 2010; GATIBONI et al., 2008; COUTO et al., 2017), além do aumento deste nutriente em profundidade (BERWANGER et al., 2008; CERETTA et al., 2003; LOURENZI et al., 2014; LOURENZI et al., 2013; VEIGA et al., 2012).

Mas além disso, com dois anos de aplicação de DLS, já há indícios de que solos menos argilosos possam apresentar mudanças nas frações de menor labilidade.

Tabela 23- Frações de Fósforo, em mg kg^{-1} , em diferentes declividades, coletadas na camada de 0,10 - 0,20 m, após aplicações de DLS Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

	Declividades (%)			CV (%)	Doses de P ⁽¹⁾
	10	20	30		
Pi Resina	1,97 b	11,58 ab	19,18 a	67	ns
Pi NaHCO_3	7,01	7,0	10,62	113	ns
Pi HCl	1,85	2,63	3,43	77	ns
Pi NaOH 0,1 M	64,43 b	116,92 a	132,01 a	27,61	ns
Pi NaOH 0,5M	70,77	91,30	97,34	30,3	ns
PO NaHCO_3	11,23	9,17	10,89	87	ns
PO NaOH 0,1M	168,6	249,82	233,69	31,1	ns
PO NaOH 0,5M	47,31	57,21	56,72	36,7	ns
P Residual	515,0	554,5	539,8	5,17	ns

(ns) não significativo ($P < 0,05$); (*) significativo ($P < 0,05$); (**) significativo ($P < 0,01$); (CV) coeficiente de variação; Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$);

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

De maneira geral, sucessivas aplicações de DLS promovem o aumento dos teores de P nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, independentemente do tipo de solo. Mas, além do P, em solos com maiores teores de argila (NV) destaca-se também incremento nos teores de MO e Mg nas camadas superficiais, diferentemente do CX, o qual, possivelmente, pela maior capacidade de infiltração e menor CTC não apresenta este acúmulo. Além do aumento de alguns nutrientes e da MO com a aplicação, destaca-se também a redução de potássio no NV. Este nutriente está presente no DLS, no entanto, o montante aplicado foi inferior ao que foi exportado pela pastagem, havendo déficit. Também, a alta concentração de Mg no DLS pode promover seu deslocamento para camadas mais profundas.

Destaca-se que a declividade apresenta influências nos atributos químicos no solo, sendo observado efeitos na MO do CX, com maiores concentrações em menores declividades. Para o NV os resultados do efeito da declividade ainda são inconclusivos em razão da construção artificial das declividades e devido a influências da fertilidade natural no local, necessitando ainda de maior tempo de avaliação.

Com aplicação de DLS no CX destaca-se o aumento de frações de P inorgânicas lábeis e moderadamente lábeis na camada de 0 a 0,10 m, principalmente em menores declividades. Para a camada de 0,10 a 0,20 m foi observado somente aumento nas frações de P Resina e Po NaHCO_3 com a aplicação de DLS. Para o NV é também observado o incremento de frações inorgânicas de P na camada de 0,0 a 0,10 cm. No entanto, para a outra camada, não se identifica efeito nas frações com a aplicação de DLS, alertando assim maior possibilidade de contaminação de águas devido ao escoamento que pode ocorrer no local.

4.4 CONCLUSÕES

A aplicação de DLS promove alteração nos atributos químicos do solo, sendo mais relevantes no NV do que no CX. Além disso, promove aumento de frações de P inorgânicas lábeis e moderadamente lábeis em ambos solos.

A declividade demonstra influência nos atributos químicos do solo e maior presença de frações lábeis em menores declividades no CX. Para o NV, é necessário maior tempo de avaliação para o fator declividade devido a influências da fertilidade natural.

Solos com menores teores de argila apresentam maior capacidade de movimentação de P no perfil do solo em diferentes frações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notável que em condições iniciais de aplicação de DLS no CX, a declividade apresenta alta influência tanto na produção de matéria seca, como também na extração de nutrientes, no entanto, com demais aplicações de DLS não se observa esta diferença visualizada inicialmente devido neste período já ter elevado os teores acima dos níveis críticos de grande parte dos nutrientes no solo em ambas declividades. Além do aumento dos nutrientes, neste solo a capacidade de lixiviação de nutrientes é maior, facilitando assim o maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas nas camadas inferiores, mas, é necessário relatar que com a maior mobilidade dos nutrientes no solo, a capacidade de contaminação de águas é maior.

Para o NV, por ter menor capacidade de infiltração, há grande alteração nos atributos químicos do solo superficialmente com a aplicação de DLS. No entanto, é necessário maior tempo de avaliação devido as declividades não apresentarem homogeneidade nos seus atributos químicos iniciais, e devido a isso a declividade de 30% na maioria das vezes apresenta maior fertilidade e conseqüentemente maior produção de matéria seca e extração de nutrientes.

Por fim, são observados diversos benefícios com o uso de DLS em solos com cultivo de pastagem, mas destaca-se que é necessário a utilização de fertilizantes minerais complementares. Isto é devido ao grande desbalanço de nutrientes presente no DLS, que com o tempo possam gerar prejuízos ao solo, e conseqüentemente a cultura instalada no local devido a limitação por alguns nutrientes como por exemplo o K.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual da ABPA**. 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatoriosanuais/2017>>.
- ADELI, A.; BOLSTER, C.H.; ROWE, D.E.; McLAUGHLIN, M.R. & BRINK, G.E. Effect of long-term swine effluent application on selected soil properties. **Soil Science**., 173:223- 235, 2008.
- AGNE, S.A.A.; KLEIN, V.A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.720–726, 2014.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.95-102, 2007.
- ALVES, C.T.F et al. Influência da adubação com dejetos suíno e adubo mineral adicionada de inibidor de nitrificação sobre a produtividade e a nutrição do milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.1, p. 2-10, 2017.
- ASSMANN, J.M. et al., Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2408-2416, 2009.
- ASSMANN, T.S. et al. Soil nitrate, phosphorus and potassium concentration after four years of liquid swine manure application on Tifton 85. **African Journal of Agricultural**, v. 13, n.36, p. 1907-1914, 2018.
- BARROW, N.J.; BOLLAND, M.D.A.; ALLEN, D.G. Effect of additions of suerphosphate on sorption of phosphate. **Australian Journal Of Soil Research**, v.36, p.35-372, 1998.
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.137, p.47-58, 2010.
- BERWANGER, A. L. et al. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.2525-2532, 2008.
- BONFADA, E. B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 2017.
- BOLAN, N.S.; ADRIANO, D.C.; CURTIN, D. Soil acidification and liming interactions with nutrients and heavy metal transformation and bioavailability. **Advances in Agronomy**, 78:215,272, 2003.
- BRUNETTO, G. et al. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after medium-term pig slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1620-1628, 2012.

BURTON, G. W.; GATES, R. N.; HILL, G.M. Registration of 'Tifton 85' bermudagrass. **Crop Science**, v.33, p.644-645, 1993.

BUTTERLY, C.R.; BALDOCK, J.A.; TANG, C. The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions. **Plant and Soil**, 366:185-198, 2013.

CAMPOS, M.; ANTONANGELO, J. A.; ALLEONI, L. R. F. Phosphorus sorption index in humid tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 110–118, 2016.

CASSOL, P.C.; GIANELLO, C.; COSTA, V.E.U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v,25, p,635-644, 2001.

CASSOL, L.C. et al. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 58, n.4, p. 438-443, 2011.

CASSOL, P.C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1911-1923, 2012.

CECATO, U. et al. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum**, v.26, n. 3, p. 409-416, 2004.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANJAMENTO AGRÍCOLA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2015. 156 p.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANJAMENTO AGRÍCOLA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2016/2017**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2017. 202 p.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 729- 735, 2003.

CERETTA, C. A. et al. Dejetos líquidos de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, nov/dez. 2005.

CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

COLUSSI, G. et al. Avaliação do efeito de fontes e doses de nitrogênio na taxa de acúmulo diária de matéria seca de tifton 85. **Synergismus Scyentifica**, v. 04, p. 2008-2010, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. [s.l.]. 11 ed. 2016, 376 p.

COSTA, K.A.P. et al. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.801-812, 2009.

COUTINHO, E.L.M. Liming and potassium fertilization for tifton 85 grass. **Bioscience Journal**, v. 30, n.1, p. 101-111, 2014.

COUTO, R.R. et al. Phosphorus fractions in soil with a long history of organic waste and mineral fertilizer addition. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 1, p.155-166, 2017.

CORRELL, D.L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. **Journal of Environmental Quality**, v. 27, p.261-266, 1998.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400 p.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, v.64, p.197-214, 1995.

CUNHA, T., 2012. Swine Feeding and Nutrition. **Academic Press**, New York, USA.

DALL'ORSOLETTA, D.J. **Limite crítico ambiental de fósforo em solos de diferentes declividades, teores de argila e doses de dejetos líquido de suínos**. 2018. Tese (Doutorado em ciência do solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2018.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV, 2007. p. 92-132.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa – Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS. Porto Alegre. ago. 2002. 30 p. (10 BIPERS).

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, p. 82-85, 1977.

DODD, M. B.; BARKER, D. J.; WEDDERBURN, M. E. Plant diversity effects on herbage production and compositional changes in New Zealand hill country pastures. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 29-40, 2004.

- DORTZBACH, D. et al. Alteração nos atributos químicos em solos adubados com dejetos líquidos de suínos na cultura do milho e na pastagem, em diferentes períodos de aplicação. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.26, n.3, p. 62-67, 2014.
- DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METCALFE, D. S. (Eds.) **Forages: the science of grassland agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 1985. p.318- 325.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.] – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor, 2008. 230p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.
- FINK, J. R. et al. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil and Tillage Research**. v. 155, p. 62–68, 2016.
- FLORES, R. A.; et al. Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p. 1168-1175, 2008.
- GATIBONI, L.C. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1753-1761 2008.
- GATIBONI, L.C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 691–699, 2007.
- GATIBONI, L. C. et al. Soil Phosphorus Thresholds in Evaluating Risk of Environmental Transfer To Surface Waters in Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1225–1234, 2015.
- GIACOMINI, S.J. et al. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, n.2, p.211-219, 2013.
- GILLINGHAM, A. G. Phosphorus uptake and return in grazed, steep hill pastures. I. Pasture production and dung litter accumulation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 23, p.313-321, 1980.
- GIROTTI, E. et al. Formas de perdas de cobre e fósforo em água de escoamento superficial e percolação em solo sob aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1948-1954, 2010.
- GOMES, E. P. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.19, n.4, p.317–323, 2015.
- GRAVE R.A. et al. Short-term carbon dioxide emission under contrasting soil disturbance levels and organic amendments. **Soil and Tillage Research**, v.146, p.184-92, 2015.

- GUARDINI, R. et al. Phosphorus accumulation and pollution potential in a hapludult fertilized with pig manure. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, n. 4, p. 1333-1342, 2012.
- HAVLIN, J.L. et al. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7ed. New Jersey: Pearsom, 2005. 515p.
- HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in agronomy.**, 49:119-199, 1993.
- HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 970-976, 1982.
- IQBAL, J. et al. Relationships between soil-landscape and dryland cotton lint yield. **Soil Science Society America Journal**, v.69, p.872-882, 2005.
- KONZEN, E.A. **Fertilizacao de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003b. 10p. (Circular Tecnica, 31).
- KUMHÁLOVÁ, J. et al. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. **Precision Agriculture**, v. 12, p. 813–830, 2011.
- LOURENZI, C. R. **Atributos químicos após dezenove aplicações de dejetos líquidos de suínos em argissolo sob plantio direto**. 2010. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2010.
- LOURENZI, C.R. et al. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 1827-1836, 2011.
- LOURENZI, C. R. et al. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 157-167, 2013.
- LOURENZI, C. R. et al. Available content, surface runoff and leaching of phosphorus forms in a typic hapludalf treated with organic and mineral nutrient sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 544-556, 2014.
- LOURENZI, C.R. et al. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.3, p.233-242, 2016.
- McDOWELL, R.; SHARPLEY, A. & FOLMAR, G. Phosphorus export from an agricultural watershed: Linking source and transport mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, p.1587- 1595, 2001.

- MAFRA, M.S.H. et al. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com o líquido de desenvolvimento de plantas e cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, 630-37, 2014.
- MAFRA, M.S.H. et al. Organic carbon contents and stocks in particle size fractions of a typical hapludox fertilized with pig slurry and soluble fertilizer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1161-1171, 2015.
- MARTINS, A.P. **Acidez do solo e reaplicação de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.
- MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. Desempenho agrônômico de capim tifton 85 (*Cynodon spp*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.
- MEDEIROS, J.C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2008.
- MENEGATTI, DP; et al. Nitrogênio na produção de material seca, teor e rendimento de proteínas de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.3, p.633-642, 2002.
- MENEZES, J. F. S. et al. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p.55-59, 2018.
- MOHEDANO, R.A. et al. Using full-scale duckweed ponds as the finish stage for swine waste treatment with a focus on organic matter degradation. **Water Science and Technology**, v.69, p.2147-2154, 2014
- MORAES, M.T. et al. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, 2014.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- OLIVEIRA, D. M. S. et al. Soil organic matter and nutrient accumulation in areas under intensive management and swine manure application. **Journal of Soils and Sediments**, v.17, p. 1–10, 2017.
- PANDOLFO, C. M.; VEIGA, M. Crop yield and nutrient balance influenced by shoot biomass management and pig slurry application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.4, p.302-307, 2016.

- PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Elsevier**, v.105, p. 149-155, 2009.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences.**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.
- POTES, M.L. et al. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influenciado manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.23-32, 2010.
- PRADO, R.M. 2008. **Nutrição de plantas**. UNESP. [São Paulo, Brasil. 407 pp.]
- QUEIROZ, F.M. et al. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, v.12, n.2, p.77-90, 2004.
- RABOY, V. Myo-Inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. **Phytochemistry**, 64, 1033-1043, 2003.
- REZENDE, A.V. et al. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v.4, n.14, p.335-343, 2011.
- ROSADO, T.L. et al. Nutrient extraction by mombaça grass submitted to sources and doses of nitrogen. **IDESIA**, v.35, n.1, p. 63-72, 2017.
- SALETTE, J; HUCHÉ, L. Diagnostic de l'état de nutrition minerale d'une prairie par analyse de v'géal: principes, mise em ceuvre, exemples. **Fourrages**, n.125, p.3-18, 1991.
- SANCHES, A. C. et al. Productivity and nutritive value of tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n.2, 2017.
- SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ, J.L. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. **Bioresource Technology**, v.96, p.1117-1123, 2005.
- SANTOS, H.P.; et al. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.6, n.3, p.474-482, 2011.
- SARTOR, L.R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.661-669, 2012.
- SCHERER, E.E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.91-101.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.123-131, 2007.

SCHERER, E. E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1375-1383, 2010.

SCHERER, E.E et al. Efeito do uso prolongado de esterco líquido de suínos e adubo nitrogenado sobre componentes da acidez do solo. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n.2, p. 68-73, 2012.

SHIN, S. et al. Enzyme mechanism and catalytic property of β -propeller phytase. **Structure**, v.9, p.851–858, 2001.

SI, B. C.; FARRELL, R. E. Scale-Dependent Relationship between Wheat Yield and Topographic Indices: A Wavelet Approach. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 577-587, 2004.

SILVA, H.A. et al. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais- Paraná. **Ciência Rural**. v.38, n.2, p.445-450, 2008.

SMITH K.A.; JACKSON, D.R.; WITHERS, P.J.A. Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manure to arable land: phosphorus. **Environ Pollut**, v.112, p.53–60, 2001.

TAFFAREL, L. E. et al. Respostas de capim Tifton 85 a diferentes níveis de nitrogênio e corte intervalos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2067-2084, 2016.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147 p. (Boletim Técnico, 5)

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Methods of chemical analysis for water and wastes**. Cincinnati: USEPA, 1971.

VEIGA, M. et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1766-1773, 2012.

WANG, C. et al. Algal bloom sedimentation induces variable control of lake eutrophication by phosphorus inactivating agents. **Science of the Total Environment**, v. 557–558, p. 479–488, 2016.

WERNER, J. C. et al. Forrageiras. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p. 261-274.

APÊNDICES

Apêndice A- Características químicas do DLS utilizado no ano 2017 e 2018 em ambos locais.

Aplicação		Al	Cu	Pb	Fe	Cd	Mn	Zn
		-----kg m ³ -----						
2017	1	0,16	0,0	0,0	0,12	0,0	0,0	0,02
	2	1,43	0,2	0,0	1,54	0,0	0,12	1,82
2018	1	0,37	0,02	0,0	0,45	0,0	0,02	0,30
	2	0,15	0,01	0,0	0,21	0,0	0,0	0,19
	3	0,10	0,02	0,0	0,12	0,0	0,0	0,12
	4	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019. (-) Não analisado

Apêndice B- Resistência a penetração na camada 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20 no Nitossolo Vermelho, Campos Novos (SC).

Declividades (%)	Profundidade (m)	RP MPa	DP	Erro
10	0,0 – 0,5	3,49	1,07	0,62
	0,55 – 0,10	3,56	1,13	0,65
	0,10 – 0,20	5,43	0,46	0,26
20	0,0 – 0,5	3,07	1,39	0,8
	0,5 – 0,10	2,59	0,48	0,28
	0,10 – 0,20	4,5	1,01	0,58
30	0,0 – 0,5	2,28	0,43	0,24
	0,5 – 0,10	2,24	0,59	0,34
	0,10 – 0,20	2,58	0,58	0,33

(RP) Resistência a penetração; (DP) Desvio padrão;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Apêndice C- Resistência a penetração na camada 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20 no Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

Declividades (%)	Profundidade (m)	RP MPa	DP	Erro
15	0,0 – 0,5	2,98	1,28	0,74
	0,55 – 0,10	1,80	0,14	0,08
	0,10 – 0,20	1,81	0,50	0,29
25	0,0 – 0,5	2,33	0,26	0,15
	0,5 – 0,10	2,41	0,50	0,29
	0,10 – 0,20	1,61	0,29	0,17
35	0,0 – 0,5	1,99	0,36	0,21
	0,5 – 0,10	0,88	0,13	0,07
	0,10 – 0,20	1,04	0,49	0,28

(RP) Resistência a penetração; (DP) Desvio padrão;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Apêndice D- Frações de fósforo no solo em função da declividade no fracionamento de P inicial (anterior as aplicações de DLS), em ambos os experimentos, na camada de 0,0 a 0,10 m.

Fração Cambissolo Háplico	Declividade (%)			Média
	15	25	35	
	-----P (mg kg ⁻¹) -----			
P Resina	8,24 a*	7,71 a	7,47 a	7,81
Pi NaHCO ₃	0,69 a	0,65 a	0,50 a	0,62
Pi NaOH 0,1	22,98 a	21,05 ab	19,92 b	21,32
Pi HCL	1,09 b	0,82 b	1,55 a	1,16
Pi NaOH 0,5	12,56 a	15,60 a	13,45 a	12,87
Po NaHCO ₃	7,24 a	5,68 a	5,50 a	6,14
Po NaOH 0,1	42,67 a	43,62 a	33,04 b	39,78
Po NaOH 0,5	11,86 a	10,98 a	14,12 a	12,32
P Residual	104,46 a	121,26 b	104,36 a	110,03

Fração Nitossolo Vermelho	Declividade (%)			Média
	10	20	30	
	-----P (mg kg ⁻¹) -----			
Pi Resina	13,31 b*	8,63 b	21,19 a	14,38
Pi NaHCO ₃	2,71 b	1,47 b	8,07 a	4,09
Pi NaOH 0,1	62,16 b	41,16 c	94,12 a	65,81
Pi HCL	1,26 b	0,93 b	3,44 a	1,88
Pi NaOH 0,5	20,09 b	14,24 b	31,33 a	21,89
Po NaHCO ₃	16,05 a	16,76 a	16,67 a	16,49
Po NaOH 0,1	141,38 b	108,45 b	209,20 a	153,01
Po NaOH 0,5	73,16 b	52,63 c	154,11 a	93,30
P Residual	534,21 b	507,82 b	587,07 a	543,04

* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Fonte: BONFADA, Élcio B. **Produtividade de tifton 85 em diferentes declividades sob aplicação de dejetos líquido de suínos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages,SC. 2017.

Apêndice E- Somatória das frações de P no solo (P total) submetido a diferentes declividades, coletadas na camada de 0,0 – 0,10 m, após aplicações de doses de DLS em um Cambissolo Háplico, Rio do Sul (SC).

Declividades (%)	Doses de P (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			
	0	68	137	274
	-----mg kg ⁻¹ de P-----			
15%	306	288,45	319,37	473,87
25%	204,07	266,29	412,45	484,8
35%	236,87	284,41	286,47	400,64

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.